Sicherheitsprodukte

Allgemeines, Sicherheits-Grundsätze

Allen-Bradley

Guardmaster®

Rockwell Automation

Sicherheitsrichtlinien und Garantien/Umrechnung in metrische Einheiten

Anwendungstechnische Überlegungen

Gerätewahl — Aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der in diesem Katalog beschriebenen Geräte müssen die für die Anwendung des Geräts verantwortlichen Personen sicherstellen, dass jede Anwendung dieses Geräts die jeweiligen Leistungs und Sicherheitsanforderungen erfüllt. Dies umfasst auch alle zutreffenden Gesetze, Vorschriften, Regelungen und Normen.

Die Abbildungen, Diagramme und Musterprogramme in diesem Katalog dienen ausschließlich zur Veranschaulichung. Aufgrund der vielfältigen Anforderungen der jeweiligen Applikation kann Rockwell Automation/Allen-Bradley keine Verantwortung oder Haftung (einschließlich Haftung für geistiges Eigentum) für tatsächlichen Einsatz auf der Grundlage dieser Beispiele übernehmen.

Die von Rockwell Automation/Allen-Bradley herausgegebene Publikation SGI-1.1 „Safety Guidelines for the Application, Installation and Maintenance of Solid-State Controls“ (erhältlich bei dem für Sie zuständigen Vertriebsbüro von Rockwell Automation/Allen-Bradley) beschreibt einige wichtige Unterschiede zwischen elektronischen und elektromechanischen Geräten. Diese Unterschiede müssen bei der Verwendung der in diesem Katalog beschriebenen Produkte berücksichtigt werden.

Wartung und Installation — Sofern nicht anders angegeben, sind die in diesem Katalog beschriebenen Produkte so konstruiert, dass sie die „üblichen Wartungs- und Installationsbedingungen“ gemäß NEMA (National Electrical Manufacturers Association) Standards Publication — Part ICS 1-108 erfüllen. Offene Geräte müssen durch sachgemäße Montage in Gehäusen, die für bestimmte Anwendungsbedingungen ausgelegt sind, vor Umwelteinflüssen geschützt werden.

Informationen über Gehäuse und die Schutzart unterschiedlicher Gehäusetypen gemäß NEMA Standards Publication 250 und IEC-Publikation 529 finden Sie auf den Seiten 1-7 und 1-9 in diesem Katalog.

Leistungsdaten — Die in diesem Katalog angegebenen Leistungsdaten sind lediglich als Richtlinien für den Anwender zu verstehen, um die Eignung eines Geräts für einen bestimmten Zweck feststellen zu können, und stellen keine Garantie dar. Die Daten sind möglicherweise das Resultat beschleunigter Prüfungen unter erhöhter Beanspruchung. Der Anwender sollte diese Daten auf tatsächliche Anwendungsanforderungen übertragen. Die tatsächliche Leistung unterliegt der GARANTIE und der HAFTUNGSBESCHRÄNKUNG von Rockwell Automation/Allen-Bradley (siehe Verkaufsbedingungen von Rockwell Automation/Allen-Bradley auf Seite 1-4).

Umrechnungsfaktoren für metrische Einheiten

Ausgangsgröße	Zielgröße	Multiplikation mit
Länge		
Zoll (in.)	Millimeter (mm)	25,4
Zoll (in.)	Zentimeter (cm)	2,54
Fuß (ft)	Meter (m)	0,305
Yard (yd.)	Meter (m)	0,914
Millimeter (mm)	Zoll (in.)	0,0394
Zentimeter (cm)	Zoll (in.)	0,394
Meter (m)	Fuß (ft)	3,28
Meter (m)	Yard (yd.)	1,09
Fläche		
Quadratzoll (in.^{2})	Quadratmillimeter (mm^2)	645,0
Quadratzoll (in.^{2})	Quadratzentimeter (cm^2)	6,45
Quadratfuß (ft.^{2})	Quadratmeter (m^2)	0,0929
Quadratyard (yd.^{2})	Quadratmeter (m^2)	0,836
Quadratmillimeter (mm^2)	Quadratzoll (in.^{2})	0,00155
Quadratzentimeter (cm^2)	Quadratzoll (in.^{2})	0,155
Quadratmeter (m^2)	Quadratfuß (ft.^{2})	10,8
Quadratmeter (m^2)	Quadratyard (yd.^{2})	1,20
Gewicht		
Unzen (oz.)	Gramm (g)	28,3
Pfund (lb)	Kilogramm (kg)	0,454
Gramm (g)	Unzen (oz.)	0,0353
Kilogramm (kg)	Pfund (lb)	2,20
Volumen		
Kubikzoll (in.^{3})	Kubikzentimeter (cm^3)	16,4
Kubikfuß (ft.^{3})	Kubikmeter (m^3)	0,0283
Kubikzoll (in.^{3})	Liter (l)	0,0164
Kubikfuß (ft.^{3})	Liter (l)	28,3
Gallonen (Imp)	Liter (l)	4,55
Gallonen (Imp)	Liter (l)	3,79
Kubikzentimeter (cm^3)	Kubikzoll (in.^{3})	0,061
Kubikmeter (m^3)	Kubikfuß (ft.^{3})	35,3
Liter (l)	Kubikzoll (in.^{3})	61,0
Liter (l)	Kubikfuß (ft.^{3})	0,0353
Liter (l)	Gallonen (Imp)	0,220
Liter (l)	Gallonen (US)	0,264
Druck		
Pfund/Quadratzoll (psi)	Kilopascal (kPa)	6,89
Pfund/Quadratzoll (psi)	bar (bar)	0,0689
Kilopascal (kPa)	Pfund/Quadratzoll (psi)	0,145
bar (bar)	Pfund/Quadratzoll (psi)	14,5
Drehmoment		
Pfund-Zoll (lb in.)	Newtonmeter (Nm)	0,113
Newtonmeter (Nm)	Pfund-Zoll (lb in.)	8,85
Temperatur		
Grad Fahrenheit (∀F)	Grad Celsius (∀C)	¬
Grad Celsius (∀C)	Grad Fahrenheit (∀F)	-

¬ Umrechnungsformel: 5/9 (∀F – 32 ∀F) = ∀C

\- Umrechnungsformel: 9/5 (∀C) + 32 ∀F#= ∀F

Verkaufsbedingungen

Diese allgemeinen Verkaufsbedingungen gelten nur für den Direktverkauf durch den Hersteller oder dessen Tochtergesellschaften. Der Verkauf durch ernannte Distributoren und andere unabhängige autorisierte Wiederverkäufer unterliegt den Verkaufsbedingungen des jeweiligen Distributors bzw. Wiederverkäufers. Der Verkauf außerhalb von Nordamerika sowie der Verkauf anderer Produkte und Dienstleistungen von Rockwell Automation kann auch anderen oder zusätzlichen Verkaufsbedingungen unterliegen. Weitere Informationen hierzu erhalten Sie bei dem für Sie zuständigen Vertriebsbüro von Rockwell Automation/Allen-Bradley.

Allgemeines — Diese allgemeinen Verkaufsbedingungen besitzen (neben direkt darauf Bezug nehmenden Spezifikationen oder Angeboten des Verkäufers) alleinige Gültigkeit für den Verkauf bzw. die Lizenzvergabe für Waren und für die Erbringung von Dienstleistungen durch den Verkäufer. Als verkaufte Waren und erbrachte Dienstleistungen gelten, ohne darauf beschränkt zu sein, Hardware, Firmware und Software, Schulung, Programmierung, Wartung, Engineering, Ersatzteile und Reparaturleistungen unter der Sammelbezeichnung „Produkte“. Keine Ergänzung oder Änderung dieser Bedingungen wirkt für den Verkäufer bindend, sofern sie nicht schriftlich dokumentiert und von einem berechtigten Vertreter des Verkäufers unterzeichnet wurde. Andere vom Kunden möglicherweise unterbreitete Bedingungen, die diesen Bedingungen in schriftlichen Spezifikationen, Angeboten oder Auftragsbestätigungen des Verkäufers nicht sinngemäß entsprechen, werden vom Verkäufer nicht anerkannt.

Zahlungsbedingungen — Dreißig (30) Tage netto ab Rechnungsdatum, sofern die Bonitätskriterien des Verkäufers erfüllt sind. Der Verkäufer behält sich das Recht vor, die weitere Vertragserfüllung oder andere Leistungen auszusetzen, wenn Zahlungen nicht bei Fälligkeit geleistet werden. Zahlungen durch Aufrechnung sind unzulässig, sofern nicht vom Verkäufer genehmigt.

Lieferbedingungen — Lieferung erfolgt ab Werk, was Versandkosten, Gefahr des Verlustes und Eigentumsübergang betrifft, mit der Ausnahme, dass alle Rechte an geistigem Eigentum (z.B. Software und Firmware) beim Verkäufer (bzw. dessen Lieferanten und Lizenzgebern) verbleiben; solche Produkte werden dem Kunden lediglich zur Nutzung verfügbar gemacht, oder es wird eine Nutzungslizenz erteilt, wobei die Nutzung den Bedingungen dieses Vertrags oder eines anderen mit dem Verkäufer geschlossenen Lizenzvertrags unterliegt. Bestätigte Liefertermine sind nicht verbindlich, ihre Einhaltung setzt den unverzüglichen Eingang aller vom Kunden benötigten Informationen voraus.

Garantie —

A. **Hardware**: Der Verkäufer leistet ab dem Datum der vom Verkäufer oder einem benannten Distributor ausgefertigten Rechnung eine Garantie von einem (1) Jahr dafür, dass zu den Bedingungen dieses Vertrags gelieferte Hardware-Produkte von handelsüblicher Beschaffenheit sind und keine Material-, Herstellungs- und Konstruktionsfehler aufweisen. Für reparierte oder ersetzte Produkte, die im Rahmen der Garantie geliefert wurden, gilt eine Garantiefrist von sechs (6) Monaten ab dem Datum der Auslieferung an den Kunden bzw. der Rest der ursprünglichen Garantiezeit, je nachdem, welcher Zeitraum länger ist.

B. **Software und Firmware**: Sofern nicht in einem Lizenzvertrag mit dem Verkäufer oder einem anderen Hersteller anders vereinbart, leistet der Verkäufer ab dem Datum der Rechnung des Verkäufers bzw. dessen benannten Distributors eine Garantie von einem (1) Jahr dafür, dass vertragsgemäß gelieferte Standard-Software oder Standard-Firmware bei Einsatz mit der vom Verkäufer spezifizierten Hardware entsprechend den vom Hauptbüro des Verkäufers veröffentlichten oder schriftlich vorgelegten, genehmigten und herausgegebenen technischen Daten funktioniert. Der Verkäufer leistet keine ausdrücklichen oder stillschweigenden Zusicherungen oder Garantien für den unterbrechungs- oder fehlerfreien Betrieb von Software oder Firmware bzw. dafür, dass die darin enthaltenen Funktionen für die vom Kunden beabsichtigte Nutzung geeignet sind oder den Anforderungen des Kunden entsprechen. Für Korrekturen von Software und Firmware gilt eine Garantiefrist von drei (3) Monaten ab dem Datum der Auslieferung an den Kunden bzw. der Rest der ursprünglichen Garantiezeit, je nachdem, welcher Zeitraum länger ist.

C. **Reparatur im Werk und Austausch im Feld**: Ab Datum der Rechnung des Verkäufers oder dessen ernannten Distributors, je nachdem, was der Fall ist, gewährleistet der Verkäufer für einen Zeitraum von sechs (6) Monaten, dass vergütungsfähige oder außerhalb der Garantie reparierte oder im Feld ausgetauschte Hardware-Produkte, die gemäß den Bedingungen dieses Vertrags geliefert wurden, frei von Material- und Herstellungsfehlern sind. Auf Austauschbasis gelieferte Produkte können neu oder aufgearbeitet sein.

D. **Dienstleistungen**: Der Verkäufer garantiert, dass aus Dienstleistungen bestehende Produkte, einschließlich Engineering und kundenspezifischer Programmierung von Applikationen, ob zum Festpreis geliefert oder nach Zeit- oder Materialaufwand vergütet, in Übereinstimmung mit allgemein anerkannten Verfahren erbracht werden, und zwar in einem Umfang, in dem solche Dienstleistungen schriftlichen, vom Verkäufer im voraus akzeptierten Abnahmekriterien unterliegen. Alle sonstigen Garantien in Verbindung mit erbrachten Dienstleistungen sind ausgeschlossen.

E. **Kundenspezifikationen**: Der Verkäufer leistet keine Garantie und ist nicht haftbar für vom Kunden beigestellte oder spezifizierte Entwürfe, Werkstoffe oder Konstruktionskriterien, die in die Produkte eingearbeitet werden, oder für Produkte, die von anderen seitens des Kunden vorgeschriebenen Herstellern oder Lieferanten gefertigt oder bezogen wurden. Die Garantie für solche vom Kunden spezifizierten Produkte beschränkt sich allein auf die Garantie, die gegebenenfalls von dem ursprünglichen Hersteller oder Lieferanten, d.h. einem anderen als dem Verkäufer, geleistet wird, und zwar bis zu dem Umfang, der nach den Bestimmungen dieses Vertrags zulässig ist.

F. **Mängelbehebung**: Die Erfüllung der obigen Garantien ist nach Wahl des Verkäufers auf Ersatz, Reparatur, Neuausführung oder Abänderung oder eine Gutschrift in Höhe des Kaufpreises der betroffenen Produkte beschränkt, und wo anwendbar, erst nach Rückgabe solcher Produkte, mit Einwilligung des Verkäufers. Als Ersatz gelieferte Produkte können neu oder aufgearbeitet sein. Jede Garantieleistung (bestehend aus Zeitaufwand, Reisen und mit den Leistungen in Zusammenhang stehende Spesen), die an einem anderen Ort als dem Werk des Verkäufers erbracht wird, geht auf Kosten des Kunden.

G. **Allgemeines**: Garantieleistungen können nur erbracht werden, wenn (a) der Verkäufer unverzüglich benachrichtigt wird und (b) die Prüfung durch den Verkäufer ergibt, dass ein angeblicher Fehler nicht durch Missbrauch, Versäumnis, unsachgemäße Installation, Nutzung, Wartung, Instandsetzung, Veränderungen oder Umbauten, Unfall oder ungewöhnliche Wertminderung der Produkte oder Teile davon durch die physikalische Umgebung oder aufgrund elektrischer oder elektromagnetischer Störungen verursacht wurde.

H. DIE OBIGEN GARANTIEN GELTEN AN STELLE ALLER ANDEREN GARANTIEN, OB AUSDRÜCKLICH, STILLSCHWEIGEND ODER GESETZLICH, EINSCHLIESSLICH STILLSCHWEIGENDER ZUSICHERUNGEN DER VERKÄUFLICHKEIT ODER DER TAUGLICHKEIT FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK ODER GARANTIEN FÜR LEISTUNGEN ODER APPLIKATIONEN, UND KÖNNEN NUR VON KUNDEN IN ANSPRUCH GENOMMEN WERDEN, DIE VOM VERKÄUFER ODER DESSEN BENANNTEN DISTRIBUTOREN GEKAUFT HABEN.

Haftungsbeschränkung — IN KEINEM FALL HAFTET DER VERKÄUFER FÜR ZUFÄLLIGE ODER INDIREKTE SCHÄDEN ODER FÜR FOLGESCHÄDEN JEDER ART. DIE MAXIMALE KUMULATIVE HAFTUNG DES VERKÄUFERS BEZOGEN AUF ALLE ANDEREN ANSPRÜCHE UND ZAHLUNGSVERPFLICHTUNGEN, EINSCHLIESSLICH DERJENIGEN, DIE AUS

DIREKTEN SCHADENERSATZANSPRÜCHEN UND VERPFLICHTUNGEN ZUR SCHADLOSHALTUNG ERWACHSEN, OB VERSICHERT ODER NICHT, ÜBERSCHREITET NICHT DEN PREIS DER PRODUKTE, DIE DEN ANSPRUCH ODER HAFTUNGSFALL AUSGELÖST HABEN. GERICHTSVERFAHREN GEGEN DEN VERKÄUFER MÜSSEN INNERHALB VON ACHTZEHN (18) MONATEN NACH EINTRETEN DES KLAGEGRUNDS ANGESTRENGT WERDEN. DIESE AUSSCHLÜSSE UND BESCHRÄNKUNGEN DER HAFTUNG GELTEN UNABHÄNGIG VON GEGENTEILIGEN VERTRAGSBESTIMMUNGEN UND UNABHÄNGIG DAVON, OB EIN ANSPRUCH AUS EINEM VERTRAG HERGELEITET ODER UNRECHTMÄSSIG ODER ANDERS GELTEND GEMACHT WIRD; SIE GELTEN AUSSERDEM ZUGUNSTEN DER LIEFERANTEN, ERNANNTEN DISTRIBUTOREN UND ANDEREN AUTORISIERTEN WIEDERVERKÄUFERN ALS DRITTEN BEGÜNSTIGTEN. JEDE VERTRAGSBESTIMMUNG, DIE EINE HAFTUNGSBESCHRÄNKUNG, EINEN HAFTUNGSAUSSCHLUSS, EINEN GARANTIEAUSSCHLUSS ODER DIE BEDINGUNG ODER DEN AUSSCHLUSS VON SCHADENERSATZANSPRÜCHEN DARSTELLT, IST ABTRENNBAR; SIE GILT UNABHÄNGIG VON JEDER ANDEREN BESTIMMUNG UND IST ALS SOLCHE DURCHZUSETZEN.

Geistiges Eigentum — Der Verkäufer wehrt jedes gegen den Kunden angestrengte Gerichtsverfahren ab, soweit sich selbiges auf die Behauptung stützt, der Entwurf oder die Konstruktion der vom Verkäufer verkauften oder lizenzierten Produkte verletze ein in den Vereinigten Staaten oder Kanada gültiges Patent, Urheberrecht oder eine ähnliche Registrierung. Voraussetzung ist, dass der Kunde den Verkäufer unverzüglich in schriftlicher Form von einem solchen Anspruch und dem resultierenden Gerichtsverfahren benachrichtigt, und weiterhin folgende Voraussetzungen erfüllt sind: (a) der Kunde gibt dem Verkäufer das alleinige Recht, ein solches Verfahren abzuwehren, auch durch Vergleich, und (b) der Kunde stellt sämtliche zur Abwehr des Verfahrens notwendigen Informationen und Unterstützung zur Verfügung. Außer bei Folgeschäden zahlt der Verkäufer alle direkt mit einem solchen Anspruch zusammenhängenden Kosten und Entschädigungen, die endgültig zugesprochen oder vom Verkäufer anerkannt wurden. In dem Fall, dass es zum Vorwurf einer Schutzrechtverletzung kommt, gilt die vertragliche Verpflichtung des Verkäufers als erfüllt, wenn der Verkäufer nach eigener Wahl und auf eigene Kosten entweder (i) für den Kunden das Recht erwirkt, die geschützten Produkte weiterhin zu gebrauchen; (ii) selbige durch Produkte, die kein Schutzrecht verletzen, ersetzt; (iii) selbige so abwandelt, dass sie kein Schutzrecht verletzen; oder (iv) die Produkte, die ein Schutzrecht verletzen, zurücknimmt und den Kaufpreis erstattet. Ungeachtet der vorstehenden Klauseln haftet der Verkäufer für keinerlei Ansprüche aufgrund von Schutzrechtverletzungen durch (a) Konfigurationen oder Modifikationen, die auf Wunsch des Kunden in die Produkte eingearbeitet wurden, (b) Prozessapplikationen, in die der Kunde die Produkte integriert hat, oder (c) Nutzung der Produkte in Verbindung mit anderen Ausrüstungen oder Produkten, die nicht vom Verkäufer geliefert wurden. DIESER ABSATZ BEHANDELT DIE GESAMTE HAFTBARKEIT DES VERKÄUFERS IN BEZUG AUF GEISTIGES EIGENTUM UND DIE VERLETZUNG VON PATENTEN DURCH PRODUKTE (EINSCHLIESSLICH SOFTWARE-PROGRAMME, AUSRÜSTUNGEN ODER PRODUKTE DARAUS) ODER DURCH DEREN BETRIEB UND GILT AN STELLE ALLER AUSDRÜCKLICHEN ODER STILLSCHWEIGENDEN ZUSICHERUNGEN ODER BEDINGUNGEN, DIE SICH AUF RECHTSVERLETZUNGEN ODER GEISTIGES EIGENTUM BEZIEHEN.

Lizenzierte Software und Firmware — Aus Software oder Firmware bestehende Produkte unterliegen möglicherweise zusätzlichen Bedingungen, die in separaten Lizenzverträgen des Verkäufers enthalten sind. Lizenzverträge regeln im notwendigen Umfang jeden Konflikt mit den in diesem Dokument enthaltenen Bedingungen. Solche Produkte werden dem Kunden erst dann zur Verfügung gestellt, wenn sich der Kunde auch mit den Bedingungen der separaten Lizenzverträge einverstanden erklärt.

Verpackung und Kennzeichnung — Vom Kunden spezifizierte Verpackungen oder Kennzeichnungen verursachen möglicherweise zusätzliche Kosten, die nicht anderweitig im Preis der Produkte enthalten sind.

Gewichte und Abmessungen — Veröffentlichte Gewichte und Abmessungen sind Schätz- oder Näherungswerte und werden nicht garantiert.

Preisangebote — Schriftliche Preisangebote haben eine Gültigkeit von 30 Tagen ab dem Tag der Ausfertigung, sofern nicht anders angegeben. Mündliche Preisangebote verfallen an dem Tag, an dem sie ausgesprochen wurden. Die Berichtigung von Druck- und Bearbeitungsfehlern bleibt vorbehalten.

Preise — Preise und andere Informationen in Veröffentlichungen des Verkäufers (einschließlich Produktkatalogen und Prospekten) unterliegen unangekündigten Änderungen und bedürfen der Bestätigung durch ein als solches gekennzeichnetes Preisangebot. Solche Veröffentlichungen sind keine Verkaufsangebote und dienen lediglich zur allgemeinen Information. Der Kunde bezahlt bzw. erstattet dem Verkäufer alle Verkaufssteuern, Nutzungssteuern, Verbrauchssteuern und ähnliche Steuern. Aus Zeit- und Materialaufwand bestehende Produkte werden nach den vom Verkäufer bekanntgegebenen Stundensätzen abgerechnet (einschließlich anwendbarer Überstundenzuschläge und Reisekosten). Es kommt der am Tag der Erbringung der Leistungen gültige Tarif zur Anwendung, sofern nicht durch ein schriftliches Preisangebot oder eine Auftragsbestätigung des Verkäufers etwas anderes vereinbart wurde. Vergütungsfähige Arbeitszeiten sind Zeiten, die Vertreter des Wiederverkäufers auf Reisen zum und vom Arbeitsort verbringen, sowie alle Zeiten, in denen Vertreter des Verkäufers zur Erbringung von Dienstleistungen zur Verfügung stehen (darunter sind sowohl Arbeits- als auch Wartezeiten, am Arbeitsort oder an anderen Orten, zu verstehen).

Änderungen — Vom Kunden gewünschte Änderungen der Bestellung, einschließlich Änderungen, die Identität, Umfang und Lieferung der Produkte betreffen, sind schriftlich zu dokumentieren. Änderungen bedürfen der vorherigen Genehmigung des Verkäufers und können zu Anpassungen von Preis, Terminplanung und anderen betroffenen Bedingungen führen. In jedem Fall behält sich der Verkäufer das Recht vor, Änderungen abzulehnen, die er für unsicher, technisch nicht empfehlenswert oder abweichend von bewährten Richtlinien und Normen für die technische Ausführung und Qualität hält oder die unvereinbar mit den Herstellungsfähigkeiten des Verkäufers sind.

Rücksendungen — Alle Rücksendungen von Produkten bedürfen der vorherigen Genehmigung des Verkäufers. Nicht garantiebedingte Rücksendungen unbenutzter und verkaufsfähiger Produkte zur Gutschrift unterliegen den jeweils gültigen Verfahrensweisen des Verkäufers, einschließlich der gültigen Gebührentarife für die Wiedereinlagerung und anderer Bedingungen für die Rücksendung. Im Rahmen der Garantie zurückgesendete Produkte müssen ordnungsgemäß verpackt und an die vom Verkäufer angegebene Adresse geschickt werden. Versandbehältnisse sind nach Anweisung des Verkäufers deutlich zu kennzeichnen und mit vom Kunden vorbezahlter Fracht zu verschicken.

Stornierung von Bestellungen — Eine Bestellung kann vom Kunden nur vor der Auslieferung schriftlich storniert werden. Dem Verkäufer steht in diesem Fall die Zahlung angemessener Gebühren für Storno und Wiedereinlagerung zu, einschließlich der Erstattung direkter Kosten und Zuschlägen für die Störung betrieblicher Abläufe. Stornogebühren bei Aufträgen für kundenspezifische Produkte oder Produkte, die speziell nach Spezifikation des Kunden hergestellt werden, können unter Umständen die Höhe des tatsächlichen Verkaufspreises der Produkte erreichen. Der Verkäufer hat das Recht, eine Bestellung jederzeit aus wichtigem Grund schriftlich zu stornieren, und dem Verkäufer stehen dann Storno- und Wiedereinlagerungsgebühren zu, wie oben ausgeführt. Eine Kündigung durch den Kunden aus wichtigem Grund (wegen Nichterfüllung) ist unwirksam, wenn der Verkäufer eine angebliche Nichterfüllung nicht innerhalb von fünfundvierzig (45) Tagen nach Erhalt der schriftlichen Anzeige mit Angabe des Kündigungsgrunds korrigiert hat.

Höhere Gewalt — Der Verkäufer haftet nicht für Verluste, Schäden oder Verzögerungen aufgrund von Ursachen, die dem Einfluss des Kunden billigerweise entzogen sind. Dies gilt einschließlich, ohne darauf beschränkt zu sein, für höhere Gewalt, Handlungen des Kunden, Handlungen ziviler oder militärischer Behörden, Feuer, Streik, Überschwemmung, Seuchen, Quarantänebestimmungen, Krieg, Aufruhr, Verzögerungen im Transportwesen oder Beförderungsverbote. Im Fall einer solchen Verzögerung ist/sind der/die Erfüllungstermin(e) des Verkäufers zu verlängern wie zum Ausgleich der Verzögerung angemessen.

Klauseln und Verträge der Regierung — Für die Produkte oder diesen Vertrag gelten keine den Verkäufer bindenden vertraglichen Vorschriften oder Klauseln der Regierung, sofern nicht ausdrücklich in schriftlicher Form mit dem Verkäufer am Hauptsitz des Verkäufers vereinbart. Die nach den Bestimmungen dieses Vertrags verkauften oder lizenzierten Produkte sind nicht zur Verwendung als „Grundbestandteil“ nuklearer Anlagen gemäß 10 CFR 21 (United States NRC) vorgesehen und dürfen auch nicht dafür verwendet werden. Dies gilt auch für ähnliche die Nukleartechnik betreffende Gesetze und Vorschriften anderer Länder.

Verkaufsbedingungen

Ausfuhrbeschränkungen — Die gemäß diesem Vertrag gelieferten oder lizenzierten Produkte und zugehörige Materialien unterliegen möglicherweise verschiedenen Gesetzen und Vorschriften, die den Export betreffen. Es liegt in der Verantwortung des Exporteurs, alle diesbezüglichen Gesetze und Vorschriften einzuhalten.

Meinungsverschiedenheiten — Die Vertragsparteien versuchen, Meinungsverschiedenheiten, die sich aus diesem Vertrag ergeben, gütlich beizulegen. Dies geschieht durch Verhandlungen zwischen Vertretern, die mit der Autorität ausgestattet sind, den Konflikt zu schlichten. Bleibt dies erfolglos, versuchen die Vertragsparteien weiterhin, die Meinungsverschiedenheit durch unverbindliche Vermittlung eines Dritten beizulegen, wobei Gebühren und Kosten einer solchen Schlichtung von beiden Seiten zu gleichen Teilen zu tragen sind. Jede Meinungsverschiedenheit, die nicht durch Verhandlung oder Schlichtung beigelegt wird, kann dann entsprechend den Bedingungen dieses Vertrags einem zuständigen Gericht vorgelegt werden. Diese Verfahren sind die ausschließlich zugelassenen Verfahren für die Beseitigung von Meinungsverschiedenheiten zwischen den Vertragsparteien.

Gültiges Recht — Dieser Vertrag und alle sich daraus ergebenden Meinungsverschiedenheiten sowie die Auslegung des Vertrags unterliegen dem innerstaatlichen Recht bzw. der sonstigen Rechtsprechung am Hauptsitz des Verkäufers, wobei jedoch die Bestimmungen der UN-Konvention über Verträge zum Internationalen Vertrieb von Waren aus dem Jahre 1980 ausdrücklich ausgeschlossen sind.

Abtretung — Dieser Vertrag darf von keiner Partei ohne die schriftliche Einwilligung der anderen Partei abgetreten werden. Eine Einwilligung ist jedoch nicht erforderlich, wenn es sich um interne Übertragungen und Abtretungen handelt, z.B. zwischen dem Verkäufer und dessen Muttergesellschaften, Tochtergesellschaften oder Konzerngesellschaften als Teil einer Zusammenfassung, Fusion oder einer anderen Form der Umstrukturierung des Unternehmens.

Sprache — Die Vertragsparteien bestätigen, dass sie gefordert haben, diesen Vertrag in englischer Sprache aufzusetzen. Im Fall eines Widerspruchs zwischen der englischen Version und einer anderssprachigen Version dieses Vertrags gilt vorrangig die englische Version.

Instandhaltung von industriellen Steuerungsanlagen

ACHTUNG: Arbeiten an spannungsführenden industriellen Steuerungsanlagen können gefährlich sein. Elektrischer Schlag, Verbrennungen oder unbeabsichtigte Betätigung gesteuerter Maschinen/Anlagen kann zu schweren oder tödlichen Verletzungen führen. Es wird empfohlen, industrielle Steuerungsanlagen von Spannungsquellen freizuschalten und zu trennen und gegebenenfalls gespeicherte Energie freizusetzen. Näheres hierzu siehe **National Fire Protection Association Standard No. NFPA70E, Part II und (falls anwendbar) OSHA Rules for Control of Hazardous Energy Sources (Lockout/Tagout) und OSHA Electrical Safety Related Work Practices**. Diese Normen beschreiben sicherheitsrelevante Arbeitsregeln, einschließlich der geforderten Verfahrensweisen für die Abschaltung/Absperrung. Für Fälle, in denen es nicht möglich ist, elektrische Stromkreise spannungsfrei zu schalten bzw. abzuschalten und abzusperren, werden die Anforderungen an

Regelmäßige Prüfung — Industrielle Steuerungsanlagen sind regelmäßig zu prüfen. Die Prüfintervalle müssen den Umgebungs- und Betriebsbedingungen angemessen sein und je nach Erfahrungswerten angepasst werden. Eine erste Überprüfung innerhalb der ersten 3 bis 4 Monate nach der Installation wird empfohlen. Siehe National Electrical Manufacturers Association (NEMA) Standard No. ICS 1.3, Preventive Maintenance of Industrial Control and Systems Equipment zu allgemeinen Richtlinien zur Ausarbeitung von Plänen für die regelmäßige Wartung. Wir empfehlen, Wartungsarbeiten regelmäßig nach Plan durchzuführen. Einige Richtlinien speziell für Erzeugnisse von AllenBradley sind nachfolgend aufgeführt.

Verunreinigungen — Wenn die Prüfung ergibt, dass Staub, Schmutz, Feuchtigkeit oder andere Verunreinigungen die industriellen Steuerungsanlagen erreicht haben, muss die Ursache beseitigt werden. Es könnte sich um ein falsch gewähltes oder unpassendes Gehäuse, nicht abgedichtete Gehäuseöffnungen (Kabeleinführung oder sonstige) oder falsche Arbeitsverfahren handeln. Ein falsch gewähltes Gehäuse ist durch eine Ausführung zu ersetzen, die sich für die herrschenden Umgebungsbedingungen eignet — siehe NEMA Standard No. 250, Enclosures for Electrical Equipment zu Beschreibungen von Gehäusetypen und Prüfkriterien. Beschädigte oder versprödete Elastomerdichtungen sind auszuwechseln und andere beschädigte oder defekte Teile (z.B. Scharniere, Befestigungen usw.) instandzusetzen oder auszuwechseln. Verschmutzte, nasse oder verunreinigte Steuergeräte müssen ausgetauscht werden, sofern sie nicht durch Absaugen oder Abwischen wirksam gereinigt werden können. Druckluft ist für Reinigungszwecke nicht zu empfehlen, weil dadurch Schmutz, Staub, Späne usw. in andere Teile oder Maschinen/Anlagen verlagert werden oder empfindliche Teile beschädigt werden können.

Kühlgeräte — Zur Zwangskühlung dienende Gebläse und Lüfter prüfen. Auswechseln, wenn Flügel verbogen oder abgesplittert sind oder fehlen, oder wenn die Welle nicht ungehindert dreht. Zur Funktionsprüfung kurz einschalten. Falls ein Gerät nicht arbeitet, Verdrahtung, Sicherung oder Gebläse- bzw. Lüftermotor überprüfen und gegebenenfalls auswechseln. Luftfilter nach den Empfehlungen im Produkthandbuch reinigen oder wechseln. Außerdem die Rippen von Wärmetauschern reinigen, damit die Konvektionskühlung nicht beeinträchtigt wird.

Gehäuse für gefährliche Standorte —

ACHTUNG: Explosionsgefahr. Vor dem Öffnen von Gehäusen an gefährlichen Standorten immer die Spannung abschalten. Solche Gehäuse vor dem Wiedereinschalten der Spannungsversorgung schließen und sichern.

Gehäuse an gefährlichen Standorten — Gehäuse der NEMA-Typen 7 und 9 erfordern vorsichtige Handhabung, damit die spanabhebend bearbeiteten Passflächen nicht beschädigt werden. Bei abnehmbaren Deckeln den Deckel entfernen und mit der spanabhebend bearbeiteten Passfläche nach oben außerhalb des Arbeitsbereichs ablegen. Bei mit Scharnieren aufgehängten Deckeln den Deckel vollständig öffnen und gegebenenfalls in der vollständig geöffneten Stellung arretieren. Vor dem Wiederanbringen sind die Passflächen sowohl am Gehäuse als auch am Deckel zu reinigen und zu prüfen. Falls die Passflächen Kratzer, Grate, Riefen oder Korrosion aufweisen, Gehäuse bzw. Deckel nach Bedarf ersetzen. Alle Schrauben prüfen und Schrauben mit beschädigtem Gewinde ersetzen. Auch Gewindebohrungen auf Beschädigung prüfen und gegebenenfalls Gehäuse ersetzen. Deckel und Gehäuse werden manchmal als aufeinander abgestimmte Sätze hergestellt (nicht untereinander austauschbar). Bevor ein Deckel ersetzt wird, ist der Hersteller zu konsultieren, es sei denn, es handelt sich um einen vom Hersteller als austauschbar bezeichneten Deckel.

Betätigungseinrichtungen — Auf einwandfreie Funktion und ungehinderte Beweglichkeit (kein Festsitzen oder Klemmen) prüfen. Gebrochene, verformte oder stark verschlissene Teile entsprechend den Teilelisten für die Produkterneuerung auswechseln. Prüfen, ob sich Schraubverbindungen gelöst haben. Lose Schrauben nachziehen. Nach Betriebsanleitung für das jeweilige Produkt schmieren.

Hinweis: Schützanlasser, Schütze und Relais von AllenBradley sind für schmierungsfreien Betrieb ausgelegt — diese Geräte **nicht** schmieren, weil Öl oder Fett auf den Polflächen (Berührungsflächen) des Betätigungsmagneten ein Kleben im eingeschalteten Zustand bewirken kann. Manche Teile anderer Geräte sind ab Werk geschmiert — falls Schmierung während des Betriebs oder bei der Wartung dieser Geräte notwendig sein sollte, ist dies in der jeweiligen Anleitung angegeben. Wenden Sie sich im Zweifelsfall an das nächstgelegene Verkaufsbüro von AllenBradley.

Kontakte — Kontakte auf übermäßigen Verschleiß und Schmutzansammlungen prüfen. Kontakte mit einem Staubsauger reinigen oder bei Bedarf mit einem weichen Lappen abwischen, um Schmutz zu entfernen. Kontakte werden durch Verfärbung und leichte Grübchenbildung nicht geschädigt. Kontakte dürfen niemals nachgefeilt werden, weil dadurch lediglich die Lebensdauer der Kontakte verkürzt wird. Kontaktreinigungssprays dürfen **nicht** verwendet werden, da die Rückstände solcher Sprays auf den Magnetpolflächen oder in Betätigungsmechanismen zu Verkleben und Schwergängigkeit führen können, auf Kontakten kann der Stromdurchgang behindert werden. Kontakte sind erst dann zu erneuern, wenn das Silber stark verschlissen ist. Kontakte immer als vollständige Sätze austauschen, um Fehlausrichtung und ungleichmäßigen Anpressdruck zu vermeiden.

Vakuumsschütze — Die Kontakte von Vakuumsschützen sind nicht sichtbar, deshalb muss der Kontaktverschleiß indirekt geprüft werden. Vakuumbehälter sind in folgenden Fällen auszutauschen:

Die geschätzte Anzahl der Betriebsspiele erreicht eine Million; die Strichanzeige für die Kontaktlebensdauer deutet auf die Notwendigkeit des Austauschs hin; die Festigkeitsprüfung des Vakuumbehälters ergibt, dass ein Austausch erforderlich ist.

Sämtliche Vakuumbehälter im Schütz gleichzeitig ersetzen, um Fehlausrichtung und ungleichmäßigen Kontaktverschleiß zu vermeiden. Falls die Vakuumbehälter nicht ausgetauscht werden müssen, Nachlauf prüfen und auf den in der Wartungsanleitung angegebenen Wert einstellen.

Klemmen — Lose Anschlüsse in Starkstromkreisen können Überhitzungen und infolgedessen Funktionsstörungen oder Ausfälle von Maschinen/Anlagen verursachen. Lose Anschlüsse in Steuerstromkreisen können Funktionsstörungen von Steuerungen verursachen. Lose Potentialausgleich- oder Erdanschlüsse können die Gefahr elektrischer Schläge erhöhen und zu elektromagnetischen Störungen beitragen. Den festen Sitz aller Klemmen und Sammelschienenanschlüsse prüfen und lose Anschlüsse **nachziehen**. Durch Überhitzung beschädigte Teile oder Verdrahtungen sowie gebrochene Kabel oder Potentialausgleichbänder ersetzen.

Lichtbogenschutzhauben — Auf Rissbildung, Bruch oder tiefe Erosion prüfen. Lichtbogenschutzhauben und Lichtbogenkammern müssen ersetzt werden, wenn sie beschädigt oder tief erodiert sind.

Instandhaltung von industriellen Steuerungsanlagen

Spulen — Bei Anzeichen von Überhitzung an einer Spule (gerissene, geschmolzene oder verbrannte Isolierung) muss diese ausgetauscht werden. In diesem Fall auf Überspannungs- oder Unterspannungszustände prüfen, die den Ausfall der Spule verursacht haben können. Sicherstellen, dass Rückstände der geschmolzenen Spulenisolierung von anderen Teilen des Geräts entfernt werden bzw. die betroffenen Teile ersetzen.

Batterien — Batterien regelmäßig entsprechend den Angaben im Produkthandbuch auswechseln bzw. bei Anzeichen von Elektrolytverlust erneuern. Batterien, aus denen Elektrolyt ausgetreten ist, nur mit Werkzeugen handhaben; die meisten Elektrolyte wirken korrosiv und können Verätzungen verursachen. Alte Batterien vorschriftsmäßig entsorgen.

Meldeleuchten — Durchgebrannte Glühlampen oder beschädigte Deckgläser ersetzen.

Photoelektrische Schalter — Die Deckscheiben photoelektrischer Schalter erfordern regelmäßige Reinigung mit einem weichen, trockenen Lappen. Reflektoren, die in Verbindung mit photoelektrischen Schaltern eingesetzt werden, erfordern ebenfalls eine regelmäßige Reinigung. Deckscheiben und Reflektoren nicht mit Löse- oder Reinigungsmitteln behandeln. Beschädigte Deckscheiben und Reflektoren ersetzen.

Elektronische Geräte—

ACHTUNG: Verwendung anderer als der vom Werk empfohlenen Prüfeinrichtungen für elektronische Steuerungen können zu Beschädigung der Steuerung oder der Prüfeinrichtung oder zu unbeabsichtigter Betätigung der gesteuerten Maschine/Anlage führen. Siehe Absatz HOCHSPANNUNGSPRÜFUNG.

Der Wartungsaufwand für elektronische Geräte beschränkt sich auf wenig mehr als eine regelmäßige Sichtprüfung. Verfärbte, verkohlte oder verschmorte Bauteile können darauf hindeuten, dass das Bauteil oder die Leiterplatte ausgetauscht werden muss. Ein notwendiger Austausch darf nur auf der Ebene von PC-Steckkarten oder steckbaren Bauteilen vorgenommen werden. Leiterplatten sind daraufhin zu überprüfen, dass die Steckverbinder am Rand der Leiterplatte fest sitzen. Verriegelungslaschen für Leiterplatten müssen sich an der richtigen Stelle befinden. Auch elektronische Geräte müssen vor Verunreinigungen geschützt werden. Kühlvorrichtungen sind in einwandfreiem Zustand zu halten — siehe Absätze VERUNREINIGUNGEN und KÜHLGERÄTE auf der vorigen Seite. Lösemittel dürfen auf Leiterplatten nicht zum Einsatz kommen.

Hochspannungsprüfung — Prüfungen des Hochspannungsisolationswiderstands (IR) und der dielektrischen Spannungsfestigkeit (DWV) dürfen auf elektronische Steuerungen nicht angewendet werden. Bei IR- oder DWV-Messungen von elektrischen Geräten, z.B. Transformatoren oder Motoren, müssen elektronische Geräte zur Steuerung oder Überwachung vor der èûvDWV-Prüfung kein offensichtlicher Schaden erkennbar ist, sind die elektronischen Geräte geschädigt, und wiederholtes Anlegen von Hochspannung kann zum Ausfall führen.

Verriegelungen — Diese Geräte auf funktionstüchtigen Zustand und Tauglichkeit für die vorgesehene Aufgabe prüfen. Falls ein Austausch notwendig ist, ausschließlich Neuteile oder Einbausätze von AllenBradley verwenden. Einstellung oder Instandsetzung dürfen nur nach den Anweisungen von AllenBradley erfolgen.

Wartung nach einem Fehlerzustand — Wird ein ordnungsgemäß geschalteter Motorabzweigstromkreis durch Ansprechen einer Kurzschluss-Schutzeinrichtung (z.B. Sicherung oder Schutzschalter) unterbrochen, deutet dies auf einen Fehlerzustand in Form einer übermäßigen Betriebsbelastung hin. Solche Bedingungen können zu Beschädigung von industriellen Steuerungsanlagen führen. **Vor dem Wiederherstellen der Spannungsversorgung** muss der Fehlerzustand behoben werden. Die industrielle Steuerungsanlage ist durch Instandsetzung oder Austausch von Teilen wieder in einen einwandfrei betriebsfähigen Zustand zu versetzen. Näheres hierzu siehe NEMA Standards Publication No. ICS-2, Part ICS2-302.

Ersatzteile — Nur die von Rockwell Automation/AllenBradley empfohlenen Ersatzteile und Geräte verwenden, um die Maschinen und Anlagen in einwandfreiem Zustand zu erhalten. Sicherstellen, dass die Teile genau auf Typ, Serie und Version der Maschine/Anlage abgestimmt sind.

Endkontrolle — Nach Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten an industriellen Steuerungsanlagen immer die Steuerung unter kontrollierten Bedingungen auf einwandfreie Funktion überprüfen, um Gefährdungen bei einer Fehlfunktion der Steuerung zu vermeiden.

Zusätzliche Informationen sind in folgenden Publikationen zu finden: NEMA ICS 1.3, PREVENTIVE MAINTENANCE OF INDUSTRIAL CONTROL AND SYSTEMS EQUIPMENT, veröffentlicht von der National Electrical Manufacturers Association, und NFPA70B, ELECTRICAL EQUIPMENT MAINTENANCE, veröffentlicht von der National Fire Protection Association.

Schutzgrad

IECPublikation 529 beschreibt genormte Schutzgrade, denen das Gehäuse eines Produkts entspricht, wenn das Produkt vorschriftsmäßig installiert ist.

Zusammenfassung

Die Publikation definiert Schutzgrade in Bezug auf:

- Personen
- Geräte innerhalb des Gehäuses
- Eindringen von Wasser

Die Publikation enthält **keine** Definitionen über:

- Schutz vor Explosionsgefahr
- Schutz vor Umwelteinflüssen (z.B. Feuchtigkeit, korrodierende Gase oder Flüssigkeiten, Pilzbefall, eindringendes Ungeziefer)

Hinweis: Die IECPrüfungsanforderungen in Bezug auf den Schutzgrad vor eindringenden Flüssigkeiten beziehen sich lediglich auf Wasser. Produkte im vorliegenden Katalog, die einen hohen Schutzgrad in Bezug auf eindringende Flüssigkeiten haben, sind in den meisten Fällen mit Dichtungen aus Nitril ausgestattet. Diese weisen einen guten Widerstand gegen eine Vielfalt von Ölen, Kühlmitteln und Schneidflüssigkeiten auf. Einige Schmiermittel, Hydraulikflüssigkeiten und Lösungsmittel können Nitril und andere Polymere jedoch schwer schädigen. Einige der im Katalog enthaltenen Produkte liefern wir mit Dichtungen aus Viton oder anderen Materialien, die eine höhere Beständigkeit gegen derartige Flüssigkeiten aufweisen. Nähere Auskünfte hierzu erteilt das für Sie zuständige Vertriebsbüro von Rockwell Automation. Siehe Abschnitt 21 in diesem Katalog.

Gehäuseklassifizierung gemäß IEC

Der Schutzgrad wird durch zwei Buchstaben (IP) und zwei Ziffern angegeben. Die internationale Norm IEC 529 enthält Beschreibungen und entsprechende Prüfanforderungen, die den Schutzgrad der einzelnen Ziffern definieren. Die Tabelle rechts gibt den *allgemeinen* Schutzgrad an — siehe Abschnitt **Kurzfassung der Prüfanforderungen für IECGehäuse** unten auf dieser Seite. **Vollständige Prüfanforderungen siehe IEC 529.**

Kurzfassung der Prüfanforderungen für IECGehäuse

Vollständige Testspezifikationen: siehe IEC 529 — z.B. Konfiguration der Testgeräte, Toleranzen usw. Umrechnungsfaktoren für metrische Einheiten — siehe Seite 1-3.

Prüfungen des Schutzes vor Zugriff auf Gefahrenteile (erste Kennziffer)

Die erste Kennziffer der IPNummer gibt an, welche der folgenden Prüfungen in Bezug auf den Schutz vor Zugriff auf Gefahrenteile das Gerät bestanden hat. Die Ziffer zeigt außerdem bestandene Prüfungen in Bezug auf den Schutz vor dem Eindringen fester Fremdkörper an.

Der Schutz vor dem Zugriff auf Gefahrenteile gilt als hinreichend, wenn zwischen der Zugriffssonde und den Gefahrenteilen ein ausreichender Abstand gewahrt ist. Bei Spannungen unter 1000 V AC und 1500 V DC darf die Zugriffssonde keine unter Strom stehenden Gefahrenteile berühren können. Bei Spannungen über 1000 V AC und 1500 V DC muss das Gerät spezifische dielektrische Prüfungen bestehen können, bei denen sich die Zugriffssonde an der ungünstigsten Position befindet.

Erste Ziffer ¬	Zweite Ziffer ¬
Schutz von Personen vor dem Zugriff auf gefährliche Teile und Schutz vor dem Eindringen fester Fremdkörper.	Schutz vor dem Eindringen von Wasser unter Prüfbedingungen gemäß IEC 529.
0 Kein Schutz	**0** Kein Schutz
1 Handrücken; Gegenstände mit einem Durchmesser von mehr als 50 mm	**2** Vertikal fallende Wassertropfen
3 Finger; Gegenstände mit einem Durchmesser von mehr als 12,5 mm	**4** Vertikal fallende Wassertropfen, Gehäuse um 15° geneigt
5 Werkzeuge oder Gegenstände mit einem Durchmesser von mehr als 2,5 mm	**6** Sprühwasser
7 Werkzeuge oder Gegenstände mit einem Durchmesser von mehr als 1,0 mm	**8** Spritzwasser
9 Staubgeschützt (Staub darf während der vorgeschriebenen Prüfung zwar eindringen, darf jedoch weder den Gerätebetrieb stören noch die Sicherheit beeinträchtigen)	**10** Strahlwasser
11 Staubdicht (am Ende der Prüfung ist im Innenraum des Gehäuses kein Staub feststellbar)	**12** Hochdruck-Strahlwasser
	13 Vorübergehendes Eintauchen
	14 Dauerndes Eintauchen

Beispiel: IP41 beschreibt ein Gehäuse, das unter den vorgeschriebenen Prüfbedingungen das Eindringen von Werkzeugen oder Gegenständen mit einem Durchmesser von mehr als 1mm verhindert und Schutz vor vertikal fallendem Tropfwasser bietet.

Hinweis: Die erste und zweite Ziffer (bis einschließlich des Werts **6**) bedeuten, dass das Gehäuse auch die Prüfanforderungen aller darunterliegenden Kennwerte (erste bzw. zweite Ziffer) erfüllt. Wenn die zweite Ziffer den Wert **7** oder **8** hat, bedeutet dies nicht automatisch, dass das Gerät auch Strahlwasser standhält (zweite Ziffer **5** oder **6**), sofern dieser Schutzgrad nicht spezifisch angegeben ist, z.B. **IP_5 / IP_7**.

¬ Laut IECNorm ist die Verwendung bestimmter Zusatzbuchstaben mit den Kennziffern zulässig. Eine Erklärung dieser Buchstaben finden Sie in IEC 529.

IP0_ — Keine Prüfungen erforderlich.

IP1_ — Eine feste Kugel mit einem Durchmesser von 50 mm darf durch keine Öffnung passen. Kraftaufwand = 50 N.

IP2_ — Ein mit Gelenken versehener Testfinger (80 mm Länge, 12 mm Durchmesser) kann in voller Länge eindringen, hat jedoch in sämtlichen möglichen Positionen und unter allen Gelenkwinkeln bis 90∀ausreichenden Abstand von unter Strom stehenden Gefahrenteilen (siehe oben). Kraftaufwand = 10 N.

IP3_ — Ein Teststab (2,5 mm Durchmesser) kann nicht eindringen und hat ausreichenden Abstand zu unter Strom stehenden Gefahrenteilen (siehe oben). Kraftaufwand = 3 N.

IP4_ — Ein Testdraht (1 mm Durchmesser) kann nicht eindringen und hat ausreichenden Abstand zu unter Strom stehenden Gefahrenteilen (siehe oben). Kraftaufwand = 1 N.

IP5_ — Ein Testdraht (1 mm Durchmesser) kann nicht eindringen und hat ausreichenden Abstand zu unter Strom stehenden Gefahrenteilen (siehe oben). Kraftaufwand = 1 N.

IP6_ — Ein Testdraht (1 mm Durchmesser) kann nicht eindringen und hat ausreichenden Abstand zu unter Strom stehenden Gefahrenteilen (siehe Tabelle auf Seite 1-9). Kraftaufwand = 1 N.

Prüfungen des Schutzes vor festen Fremdkörpern (erste Kennziffer)

Wenn die erste Kennziffer den Wert **12**, **3** oder **4** hat, besteht ausreichender Schutz vor festen Fremdkörpern, wenn der volle Durchmesser der oben genannten Sonde durch keine Öffnung passt. Beachten Sie, dass bei den Werten **3** und **4** der ersten Kennziffer Fremdkörper simuliert werden, die rund sein können. Wenn aufgrund der Form der Zugangsöffnung Zweifel über das Eindringen eines runden, beweglichen Gegenstands bestehen, müssen ggf. Zeichnungen näher untersucht oder ein spezieller Zugang für die Sonde geschaffen werden. Annahmekriterien für die Werte **5** und **6** der ersten Kennziffer sind im folgenden Abschnitt definiert.

IP0_ — Keine Prüfungen erforderlich.

IP1_ — Der volle Durchmesser einer festen Kugel mit einem Durchmesser von 50 mm darf durch keine Öffnung passen. Kraftaufwand = 50 N.

IP2_ — Der volle Durchmesser einer festen Kugel mit einem Durchmesser von 12,5 mm darf durch keine Öffnung passen. Kraftaufwand = 30 N.

IP3_ — Der volle Durchmesser einer festen Kugel mit einem Durchmesser von 2,5 mm darf durch keine Öffnung passen. Kraftaufwand = 3 N.

IP4_ — Ein starrer Stahldraht (Durchmesser 1 mm) darf durch keine Öffnung passen. Kraftaufwand = 1 N.

IP5_ — Das zu prüfende Gerät wird in einer Staubkammer aufgehängt, in der Talkumpuder in der Schwebe gehalten wird. Das Talkumpuder ist so beschaffen, dass es ein Sieb mit quadratischen Maschen bei einem Drahtdurchmesser von 50 µm und einem Drahtabstand von 75 µm passieren kann.

Gehäuse, die für Geräte mit thermozyklischen Effekten ausgelegt sind (Kategorie 1), werden zunächst mit einer Vakuumpumpe auf einen Unterdruck relativ zur umgebenden Atmosphäre gebracht: max. Unterdruck = 2 kPa; max. Absaugvolumenstrom = 60 Volumen/h. Wird ein Absaugvolumenstrom von 40 bis 60 Volumen/h erzielt, wird die Prüfung fortgesetzt, bis 80 Volumen abgesaugt wurden oder 8 Stunden verstrichen sind. Wenn der Absaugvolumenstrom geringer als 40 Volumen/h bei einem Unterdruck von 20 kPa ist, beträgt die Prüfdauer 8 Stunden.

Gehäuse, die für Geräte ohne thermozyklische Effekte ausgelegt sind **und** durch entsprechende Produktnormen für Kategorie 2 ausgewiesen sind, werden 8 Stunden lang ohne Vakuumpumpe geprüft.

Der Schutz ist ausreichend, wenn sich das Talkumpuder nicht in einer Menge bzw. an Stellen angesammelt hat, an denen es (wie anderer Staub) den korrekten Betrieb des Geräts oder die Sicherheit beeinträchtigen kann. Außerdem darf sich kein Staub an Stellen angesammelt haben, an denen der Staub Kriechströme über Kriechüberschlagwege hinweg ermöglichen kann.

IP6_ — Alle Gehäuse werden wie Kategorie 1 geprüft, wie für **IP5_** vorgeschrieben. Der Schutz ist ausreichend, wenn am Ende der Prüfung im Innenraum des Gehäuses kein Staubniederschlag feststellbar ist.

Prüfungen des Schutzes vor Wasser (zweite Kennziffer)

Die zweite Kennziffer der IPNummer gibt an, welche der folgenden Prüfungen das Gerät in Bezug auf den Schutz vor Wasser bestanden hat. Bei den Ziffern **1** bis **7** ist der Schutz ausreichend, wenn eingedrungenes Wasser den einwandfreien Betrieb des Geräts nicht beeinträchtigt, keine spannungsführenden Teile, die nicht für den Nassbetrieb ausgelegt sind, erreicht und sich nicht in der Nähe einer Kabeleinführung ansammelt oder in ein Kabel eindringt. Die zweite Ziffer kann nur dann den Wert **8** erhalten, wenn kein Wasser in das Gehäuse eingedrungen ist.

IP_0 — Keine Prüfung erforderlich.

IP_1 — Wasser tropft aus einem Tropfgefäß auf das Gehäuse. Die Öffnungen des Tropfgefäßes bilden ein quadratisches Muster mit einem Abstand von je 20 mm. Die Tropfgeschwindigkeit beträgt 1 mm/min. Das Gehäuse wird unterhalb des Tropfgefäßes in seiner normalen Betriebslage angebracht. Prüfdauer = 10 min.

IP_2 — Wasser tropft aus einem Tropfgefäß auf das Gehäuse. Die Öffnungen des Tropfgefäßes bilden ein quadratisches Muster mit einem Abstand von je 20 mm. Die Tropfgeschwindigkeit beträgt 3 mm/min. Das Gehäuse wird unterhalb des Tropfgefäßes in vier festen Neigungslagen angebracht, die um 15∀von der normalen Betriebslage abweichen. Testdauer: 2,5 min pro Neigungslage.

IP_3 — Wasser wird in einem Winkel von 60∀zur Vertikalen auf alle Seiten des Gehäuses gesprüht. Hierbei wird eine oszillierende Röhre mit einem Sprühdüsenabstand von 50 mm verwendet (bei größeren Gehäusen wird die Düse von Hand geführt). Durchflussmenge der oszillierenden Röhre = 0,07 l/min je Düse x Anzahl der Düsen; bei von Hand geführter Düse = 10 l/min. Prüfdauer bei oszillierender Röhre = 10 min; bei von Hand geführter Düse = 1 min/m^2 Gehäuseoberfläche, mindestens 5 min.

IP_4 — Identisch mit Prüfung für **IP_3**, doch wird mit einem Sprühwinkel von 180∀zur Vertikalen gearbeitet.

IP_5 — Das Gehäuse wird aus allen praktisch vertretbaren Richtungen mit einem Wasserstrahl besprüht. Volumenstrom 12,5 l/min, Düsendurchmesser 6,3 mm bei einem Abstand von 2,5 bis 3,0 m. Prüfdauer = 1 min/m^2 Gehäuseoberfläche, mindestens 3 min.

IP_6 — Das Gehäuse wird aus allen praktisch vertretbaren Richtungen mit einem Wasserstrahl besprüht. Volumenstrom 100 l/min, Düsendurchmesser 12,5 mm bei einem Abstand von 2,5 bis 3 m. Prüfdauer = 1 min/m^2 Gehäuseoberfläche, mindestens 3 min.

IP_7 — Das Gehäuse wird in seiner Betriebslage 30 Minuten lang in Wasser getaucht. Bei Gehäusen mit einer Höhe von weniger als 850 mm liegt der tiefste Punkt 1000 mm unter der Wasseroberfläche. Bei Gehäusen mit einer Höhe von mehr als 850 mm liegt der höchste Punkt 150mm unter der Wasseroberfläche.

IP_8 — Prüfbedingungen werden zwischen Hersteller und Anwender vereinbart, müssen jedoch mindestens so streng sein wie die Bedingungen für **IP_7**.

Für Motorsteuerungen immer das korrekte Gehäuse angeben

Typ 1
Allzweckgehäuse für Oberflächenmontage

Gehäuse des Typs 1 sind für den Einsatz in geschlossenen Räumen konstruiert und bieten in erster Linie Schutz vor Berührung mit den darin eingebauten Geräten an Orten, an denen keine ungewöhnlichen Bedingungen vorliegen. Zu bestehende Prüfungen: Stabeindringung und Korrosionsbeständigkeit. Gehäuse aus Stahlblech mit Korrosionsschutz.

Typ 1
Unterputzmontage/Einbaumontage

Typ 1 Gehäuse für Unterputzmontage / Einbaumontage für den Einbau in Maschinengestellen und für Unterputzmontage. Diese Gehäuse sind für ähnliche Anwendungen wie Typ 1 für Oberflächenmontage konstruiert und müssen die gleichen Prüfungen bestehen.

Typ 3
Regendicht, staubdicht

Gehäuse des Typs 3 sind für den Einsatz außerhalb geschlossener Räume ausgelegt und bieten in erster Linie einen gewissen Schutz vor Regen und windgetriebenem Staub. Sie dürfen nicht durch Eisbildung auf dem Gehäuse beschädigt werden. Zu bestehende Prüfungen: Regen ¬, äußere Vereisung - , Staubdichtheit und Korrosionsbeständigkeit. Sie bieten keinen Schutz vor Bedingungen wie innerer Kondensation oder innerer Vereisung.

Typ 3R
Regendicht

Gehäuse des Typs 3R sind für den Einsatz außerhalb geschlossener Räume ausgelegt und bieten in erster Linie einen gewissen Schutz vor Regen. Sie dürfen nicht durch Eisbildung auf dem Gehäuse beschädigt werden. Zu bestehende Prüfungen: Stabeindringung, Regen ®, äußere Vereisung - und Korrosionsbeständigkeit. Sie bieten keinen Schutz vor Bedingungen wie innerer Kondensation oder innerer Vereisung.

Typ 4
Wasserdicht

Gehäuse des Typs **4** eignen sich für den Einsatz im Freien und in geschlossenen Räumen und bieten vor allem eine Schutzfunktion gegen windgetriebenen Staub, Regen, Spritzwasser und Strahlwasser. Sie dürfen nicht durch Eisbildung auf dem Gehäuse beschädigt werden. Zu bestehende Prüfungen: Strahlwasser, Staub und äußere Vereisung - . Sie bieten keinen Schutz vor Bedingungen wie innerer Kondensation oder innerer Vereisung.

Typ 4X
Nichtmetallisch, korrosionsbeständig

Gehäuse des Typs 4 eignen sich für den Einsatz im Freien und in geschlossenen Räumen und bieten vor allem eine Schutzfunktion gegen Korrosion, windgetriebenen Staub, Regen, Spritzwasser und Strahlwasser. Sie dürfen nicht durch Eisbildung auf dem Gehäuse beschädigt werden. Zu bestehende Prüfungen: Strahlwasser, Staub, äußere Vereisung - und Korrosionsbeständigkeit. Sie bieten keinen Schutz vor Bedingungen wie innerer Kondensation oder innerer Vereisung.

¬ Bewertungskriterium: Im spezifizierten Test drang kein Wasser in das Gehäuse ein.

- Bewertungskriterium: Keine Beschädigung, nachdem das bei der vorgeschriebenen Prüfung gebildete Eis geschmolzen ist (**Hinweis:** Es wird nicht gefordert, dass das Gerät auch im vereisten Zustand betriebsbereit ist.

® Bewertungskriterium: Kein Wasser erreicht spannungsführende oder bewegliche Teile, Isolierungen oder Mechanismen.

Typ 6P
Für längeres Eintauchen bei geringer Tiefe

Gehäuse des Typs 6P sind für den Einsatz innerhalb oder außerhalb geschlossener Räume konstruiert und bieten in erster Linie einen gewissen Schutz vor dem Eindringen von Wasser bei längerem Eintauchen in Wasser geringer Tiefe. Sie dürfen nicht durch Eisbildung auf dem Gehäuse beschädigt werden. Zu bestehende Prüfungen: Luftdruck, äußere Vereisung ¬, Strahlwasser und Korrosionsbeständigkeit. Sie bieten keinen Schutz vor Bedingungen wie innerer Kondensation oder innerer Vereisung.

Typ 7
Für Umgebungen mit gefährlichen Gasen

Gehäuse des Typs 7 sind für den Einsatz innerhalb geschlossener Räume gemäß NEC-Klasse I, Gruppe C oder D konstruiert (nach US-Elektrizitätsvorschriften). Sie halten dem Druck einer inneren Explosion spezifizierter Gase stand und dämmen eine derartige Explosion soweit ein, dass ein explosives Gas/Luft Gemisch im Umfeld des Gehäuses nicht entzündet wird. Wärmeerzeugende Geräte im Inneren des Gehäuses sind so beschaffen, dass Außenflächen des Gehäuses keine Temperaturen erreichen, die zur Entzündung eines explosiven Gas/Luft Gemischs in der umgebenden Atmosphäre führen können. Zu bestehende Prüfungen: Explosion, hydrostatischer Druck und Temperatur. Beschichtet mit einer speziellen korrosionsbeständigen, grauen Lackfarbe.

Typ 9
Für Umgebungen mit Staubexplosionsgefahr

Gehäuse des Typs **9** sind für den Einsatz innerhalb geschlossener Räume gemäß NEC-Klasse II, Gruppe E, F oder G konstruiert (nach US-Elektrizitätsvorschriften). Sie verhindern das Eindringen von Staub. Wärmeerzeugende Geräte im Inneren des Gehäuses sind so beschaffen, dass die externen Flächen des Gehäuses keine Temperaturen erreichen, die zur Entzündung oder Verfärbung von Staub auf dem Gehäuse oder zur Entzündung eines Staub/Luft Gemischs in der umgebenden Atmosphäre führen können. Enclosures are designed to meet dust penetration and temperature design tests, and aging of gaskets. Beschichtet mit einer speziellen korrosionsbeständigen, grauen Lackfarbe.

Typ 12
Staubdicht, industrieller Einsatz

Gehäuse des Typs 12 sind für den Einsatz in geschlossenen Räumen konstruiert und bieten in erster Linie Schutz vor Staub, fallendem Schmutz und tropfenden, nicht korrosiv wirkenden Flüssigkeiten. Zu bestehende Prüfungen: Tropfen - , Staub und Korrosionsbeständigkeit. Sie bieten keinen Schutz vor Bedingungen wie innerer Kondensation.

Typ 13 Ölundurchlässig

Gehäuse des Typs 13 sind für den Einsatz in geschlossenen Räumen konstruiert und bieten in erster Linie einen gewissen Schutz vor Staub und Sprühwasser, Öl und nicht korrosiv wirkenden Kühlflüssigkeiten. Sie erfüllen Prüfungen in Bezug auf Ölundurchlässigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Sie bieten keinen Schutz vor Bedingungen wie innerer Kondensation.

NEMA-Gehäuse

GEHÄUSE

Eine Kurzbeschreibung der von AllenBradley angebotenen Gehäusetypen finden Sie unten auf dieser Seite. **Siehe Seite 1-13 zu Auswahlkriterien.** Definitionen, Beschreibungen und Prüfkriterien finden Sie in der Publikation „National Electrical Manufacturers Association (NEMA) Standards Publication No. 250". Die lieferbaren Gehäusetypen und weitere Informationen zu diesen Beschreibungen finden Sie in der Auflistung der Produkte im Katalog von AllenBradley.

HINWEIS: Das Gehäuse schützt Geräte normalerweise nicht vor Bedingungen wie Kondensation, Vereisung, Korrosion oder Verschmutzung, die innerhalb des Gehäuses auftreten oder über eine Verschraubung oder eine unabgedichtete Öffnung eindringen. Es obliegt dem Nutzer, entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, die solche Bedingungen verhindern und sicherstellen, dass das Gerät ausreichend geschützt ist.

Auswahlkriterien

Gehäuse für ungefährliche Standorte

Für einen Schutzgrad gegen:	Ausgelegt für Anforderungen von Test-Nr. ¬	Ausführung							
		Für den Einsatz in geschlossenen Räumen			Für den Einsatz im Freien		In geschlossenen Räumen oder im Freien		
		1	12	13	3R	3	4	4X	6P
Zufällige Berührung mit im Gehäuse eingebauten Geräten	6.2	V	V	V	V	V	V	V	V
Herabfallender Schmutz	6.2	V	V	V	V	V	V	V	V
Korrosion	6.8	V	V	V	V	V	V	V	V
Umgewälzte(r) Staub, Flusen, Fasern und Textilflugstaub -	6.5.1.2 (2)		V	V		V	V	V	V
Windgetriebener Staub	6.5.1.1 (2)					V	V	V	V
Fallende Flüssigkeiten und leichte Spritzer	6.3.2.2		V	V		V	V	V	V
Regen (Testbewertung gemäß 6.4.2.1)	6.4.2.1				V	V	V	V	V
Regen (Testbewertung gemäß 6.4.2.2)	6.4.2.2					V	V	V	V
Schnee und Schneeregen	6.6.2.2				V	V	V	V	V
Strahl- und Spritzwasser	6.7						V	V	V
Gelegentliches längeres Eintauchen	6.11 (2)								V
Öl und Kühlmittel	6.3.2.2		V	V					
Versprühtes oder verspritztes Öl oder Kühlmittel	6.12			V					
Korrosiv wirkende Substanzen	6.9				V	V	V	V	V

¬ Siehe Seite 1-13 mit einer Kurzfassung der Prüfanforderungen für NEMA-Gehäuse. Näheres hierzu siehe NEMA Standards Publication No. 250 mit vollständigen Prüfspezifikationen.

\- Ungefährliche Materialien, nicht entzündlich oder brennbar nach Klasse III.

Gehäuse für gefährliche Bereiche (Typ 1 oder 2) ¬

Für einen Schutzgrad gegen Atmosphären, die typischerweise enthalten: ®	Ausgelegt für Anforderungen der Prüfungen: -	Klasse (National Electrical Code)	7, Klasse I:				9, Klasse II:		
			A	B	C	D	E	F	G
Acetylen	Explosionsprüfung	I	V						
Wasserstoff, künstlich hergestelltes Gas		I	V	V					
Diethylether, Ethylen, Schwefelwasserstoff	Hydrostatische Prüfung	I			V				
Azeton, Butan, Benzin, Propan, Toluen	Temperaturprüfung	I			V	V			
Metallstäube und andere brennbare Stäube mit einem spezifischen Widerstand von weniger als 10^5 T-cm.	Staubeindringprüfung	II					V		
Ruß-, Holzkohle-, Kohle- oder Koksstäube mit einem spezifischen Widerstand von $10^2 \ldots 10^8$ T-cm	Temperaturprüfung mit Staubglocke	II						V	
Brennbare Stäube mit einem spezifischen Widerstand von 10^5 T-cm oder größer		II							V
Fasern, Textilflugstaub	_	III							V

¬ Nur für Standorte in geschlossenen Räumen, sofern nicht im Katalog mit zusätzlicher NEMA-Gehäusetypennummer mit Eignung für den Einsatz im Freien ausgewiesen (siehe Tabelle auf dieser Seite). Manche Steuergeräte (falls entsprechend im Katalog bezeichnet) eignen sich für den Einsatz an gefährlichen Standorten gemäß Division 2 in Gehäusen für ungefährliche Standorte. Zur Erläuterung der Begriffe CLASS, DIVISION und GROUP siehe National Electrical Code.
Hinweis: Klassifizierungen gefährlicher Standorte unterliegen der Genehmigung der zuständigen Behörde. Siehe National Electrical Code.

\- Siehe Kurzfassung der Prüfanforderungen auf Seite 1-13. Vollständige Anforderungen siehe UL Standard 698, die Erfüllung dieser Norm wird von den NEMA-Gehäusenormen gefordert.

® Weitere Stoffe und Informationen zu den Eigenschaften der Flüssigkeiten, Gase und Feststoffe siehe NFPA 497M-1991, Classification of Gases, Vapors, and Dusts for Electrical Equipment in Hazardous (Classified) Locations.

_ UL 698 enthält keine Prüfanforderungen für Klasse III. Produkte, die die Anforderungen der Klasse II, Gruppe G, erfüllen, sind für Klasse III zugelassen.

Auswahlkriterien

Kurzfassung der Prüfanforderungen für NEMAGehäuse

6.2 **Stabeindringprüfung —** Ein Stab mit einem Durchmesser von 3,18 mm darf nicht in das Gehäuse eindringen können, außer an Stellen, die mindestens 102 mm von einer Öffnung entfernt sind — an solchen Stellen darf ein 13 mm dicker Stab nicht eindringen können.

6.3 **Tropfprüfung —** Wasser tropft 30 Minuten lang aus einem über dem Gehäuse angeordneten Behälter. Der Behälter ist mit gleichmäßig verteilten Auslässen versehen, ein Auslass pro 12,900 mm^2 Behälterbodenfläche. Die Tropfenfrequenz beträgt 20 Tropfen pro Minute.

Bewertung 6.3.2.2: Kein Wasser darf in das Gehäuse eingedrungen sein.

6.4 **Regenprüfung —** Die gesamte Oberseite und alle Außenseiten werden mit Wasser unter einem Druck von 0,35 kg/cm^2 aus Düsen besprüht. Die Wassermenge wird dabei so bemesssen, dass der Wasserstand in einem unter dem Gehäuse angeordneten Behälter mit senkrechten Wänden eine Höhe von 457 mm erreicht.

Bewertung 6.4.2.1: Kein Wasser erreicht spannungsführende oder bewegliche Teile, Isolierungen oder Mechanismen.

Bewertung 6.4.2.2: Kein Wasser darf in das Gehäuse eingedrungen sein.

6.5.1.1 (2) **Staubprüfung im Freien (alternative Methode) —** Gehäuse und außenliegende Mechanismen werden einem Wasserstrahl ausgesetzt. Die Fördermenge beträgt 170,5 Liter pro Minute aus einer Düse mit einem Durchmesser von 25,4 mm, die in jeder Winkellage aus einem Abstand von 3 bis 3,7 m auf alle Fügestellen gerichtet wird. Die Prüfzeit beträgt 48 Sekunden mal Prüflänge (Höhe + Breite + Tiefe des Gehäuses in Fuß) bzw. mindestens 5 Minuten. Kein Wasser darf in das Gehäuse eindringen.

6.5.1.2 (2) **Staubprüfung im geschlossenen Raum (alternative Methode) —** Zerstäubtes Wasser wird unter einem Druck von 2,11 kg/cm^2 auf alle Falze, Fügestellen und äußere Betätigungsmechanismen gesprüht. Der Abstand beträgt 305 bis 381 mm, die Fördermenge 11 Liter pro Stunde. Das Gehäuse wird mit mindestens 142 g/s Wasser pro 300 mm Prüflänge (Höhe + Länge + Tiefe des Gehäuses) beaufschlagt. Kein Wasser darf in das Gehäuse eindringen.

6.6 **Äußere Vereisungsprüfung —** In einem kalten Raum mit einer Temperatur von +2 ∀C wird eine Stunde lang Wasser auf das Gehäuse gesprüht. Anschließend wird die Raumtemperatur auf etwa –5 ∀C abgesenkt und der Wasserstrahl so reguliert, dass es zu Eisbildung mit einer Geschwindigkeit von 6,4 mm pro Stunde kommt, bis sich auf der Oberfläche eines 25,4 dicken Metallprüfstabs eine 19 mm dicke Eisschicht gebildet hat. Danach wird die Temperatur 3 Stunden lang konstant auf –5 ∀C gehalten.

Bewertung 6.6.2.2: Das Gerät muss nach Schmelzen des Eises unbeschädigt sein (es ist nicht erforderlich, dass äußere Mechanismen im vereisten Zustand betätigt werden können).

6.7 **Spritzwasserprüfung** — Gehäuse und außenliegende Mechanismen werden einem Wasserstrahl ausgesetzt. Die Fördermenge beträgt 246 Liter pro Minute aus einer Düse mit einem Durchmesser von 25,4 mm, die in jeder Winkellage aus einem Abstand von 3 bis 3,7 m auf alle Fügestellen gerichtet wird. Die Prüfzeit beträgt 48 Sekunden mal Prüflänge, d.h. Höhe + Breite + Tiefe des Gehäuses in Meter (Fuß), bzw. mindestens 5 Sekunden. Kein Wasser darf in das Gehäuse eindringen.

6.8 **Rostbeständigkeitsprüfung (betrifft nur Gehäuse mit Außenteilen aus Eisenwerkstoffen) —** Das Gehäuse wird 24 Stunden lang einem Salzwassersprühnebel ausgesetzt. Verwendet wird Wasser mit fünf Gewichtsanteilen Salz (NaCl) bei 35 ∀C, danach wird das Gehäuse abgespült und getrocknet. Es darf keine Rostbildung auftreten, außer an Stellen, an denen ein Schutz nicht sinnvoll ist (z.B. spanabhebend bearbeitete Passflächen, Gleitflächen von Scharnieren, Wellen usw.).

6.9 **Korrosionsschutz —** Stahlblechgehäuse werden gemäß Underwriter's Laboratories (UL) 50, Part 13 bewertet (Prüfung auf gleichwertigen Schutz wie handelsübliches verzinktes Stahlblech G-90). Sonstige Werkstoffe gemäß Underwriter's Laboratories (UL) 508, 6.9 oder 6.10.

6.11 (2) **Luftdruckprüfung (alternative Methode)** — Das Gehäuse wird 24 Stunden lang in Wasser eingetaucht, wobei der Druck einer Wassertiefe von 2 m entspricht. Kein Wasser darf in das Gehäuse eindringen.

6.12 **Ölsperrprüfung —** Das Gehäuse wird 30 Minuten lang mit einem Prüfflüssigkeitsstrahl beaufschlagt. Die Prüfflüssigkeit tritt aus einer Düse mit einem Druchmesser von 9,5 mm in einer Menge von 7,57 Liter pro Minute aus. Die Beaufschlagung erfolgt mit Wasser, dem 0,1 % Benetzungsmittel zugesetzt ist, in jedem Winkel und aus einem Abstand von 305 bis 457 mm, während eine beliebige äußere Betätigungseinrichtung dreißigmal pro Minute betätigt wird. Keine Prüfflüssigkeit darf in das Gehäuse eindringen.

Kurzbeschreibung der Prüfanforderungen für UL 698

Explosionsprüfung — Während einer Reihe von Prüfungen, in denen Gas/Luft-Gemische des jeweiligen Gases über den Bereich der explosiven Konzentrationen innerhalb des Gehäuses entzündet werden, muss das Gehäuse das Entweichen von Flammen und Funken, die fähig sind, ein gleichartiges Gas/Luft-Gemisch in der Umgebung des Gehäuses zu entzünden, verhindern. Außerdem darf keine mechanische Beschädigung der im Gehäuse eingebauten elektrischen Mechanismen oder des Gehäuses auftreten.

Hydrostatische Prüfung — Das Gehäuse muss 1 Minute lang einem hydrostatischen Druck widerstehen. Grundlage ist der bei den Explosionsprüfungen entstehende maximale Explosionsinnendruck: Metallguss – vierfacher Explosionsdruck ohne Bruch oder bleibende Verformung, Stahlblechkonstruktionen – zweifacher Explosionsdruck ohne bleibende Verformung und dreifacher Explosionsdruck ohne Bruch. Ausnahme: Hydrostatische Prüfungen können entfallen, wenn die Berechnungen zeigen, dass ein Sicherheitsfaktor von 5:1 für Metallguss und 4:1 für Stahlblechkonstruktionen vorgesehen wurde.

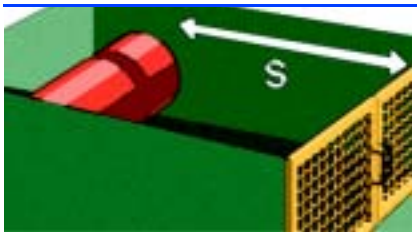
Temperaturprüfung — Das im Gehäuse eingebaute Gerät wird einer Temperaturprüfung unterzogen, um die Höchsttemperatur an einer beliebigen Stelle der äußeren Oberfläche festzustellen. Das Gerät muss nur dann mit einem Temperaturschlüssel auf der Grundlage des Ergebnisses gekennzeichnet werden, wenn die Temperatur +100 ∀C überschreitet.

Staubeindringprüfung—Das Gerät wird mit voller Nennbelastung betrieben, bis Gleichgewichtstemperaturen erreicht sind. Anschließend Abkühlung auf Umgebungstemperatur (Raumtemperatur). Sechs Aufheiz- und Abkühlzyklen über einen Zeitraum von mindestens 30 Stunden bei ständiger Einwirkung von umgewälztem Staub mit spezifizierten Eigenschaften in einer Prüfkammer. Keine Staub darf in das Gehäuse eindringen.

Temperaturprüfung mit Staubglocke Diese Prüfung wird wie die Staubeindringprüfung (s.o.) durchgeführt, mit der Ausnahme, dass die umlaufenden Staubdüsen so angeordnet sind, dass der Staub nicht direkt auf das geprüfte Gerät geblasen wird. Das Gerät wird mit voller Nennbelastung betrieben (Geräte, die Überlastungen unterliegen, auch unter unnormalen Bedingungen), bis Gleichgewichtstemperaturen erreicht sind. Mit dem Gehäuse in Berührung kommender Staub darf sich nicht durch Wärmeeinwirkung entzünden oder verfärben, und die Außentemperatur bezogen auf eine Umgebungstemperatur von +40 ∀C darf folgende Werte nicht überschreiten:

Gruppe	Normalbetrieb	Kein Normalbetrieb
E	+200 ∀C	+200 ∀C
F	+150 ∀C	+200 ∀C
G	+120 ∀C	+165 ∀C

Notizen



Sicherheitsgrundsätze

Überblick 1-3
EU-Richtlinien und Gesetzgebung 1-4
Harmonisierte EU-Normen 1-9
Wahl von Schutzmaßnahmen. 1-13
Sicherheitsstrategie. 1-16
Sicherheitsgerichtete Steuerungen 1-22
Weitere Überlegungen und Beispiele 1-25
Rücksetzfunktionen 1-28
Schutzvorrichtungen ohne Wiederanlaufsperre. . . . 1-28
Sicherheits-Lichtvorhänge 1-39
US-Sicherheitsvorschriften 1-45
Organisationen. 1-49
Australische Sicherheitsvorschriften 1-49

Hinweise zur Anwendung

Aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der in diesem Katalog beschriebenen Geräte müssen die für die Anwendung und den Einsatz dieses Geräts verantwortlichen Personen sicherstellen, dass jede Anwendung dieses Geräts die jeweiligen Leistungs- und Sicherheitsanforderungen einschließlich sämtlicher Gesetze, Vorschriften, Bestimmungen und Normen erfüllt.

Die Abbildungen, Diagramme und Aufbaubeispiele in diesem Handbuch dienen ausschließlich zur Veranschaulichung. Aufgrund der vielfältigen Anforderungen der jeweiligen Applikation kann Rockwell Automation keine Verantwortung oder Haftung (einschließlich Haftung für geistiges Eigentum) für tatsächlichen Einsatz auf der Grundlage dieser Beispiele übernehmen.

Informationen zur Sicherheit

Sie sind verantwortlich für die Sicherheit des gesamten installierten Steuerungssystems und für die Einhaltung aller anwendbaren Gesetze, Vorschriften und sicherheitstechnischen Anforderungen.

ACHTUNG: Als Monteur dieser Steuerung benötigen Sie die Kenntnis weiterer anwendbarer Normen mit Sicherheitempfehlungen auf folgenden Gebieten:

- Maschinenkonstruktion
- Elektrik allgemein
- Maschinenschutz
- Schutzeinrichtungen für Arbeitsbereiche, Sicherheits-Lichtvorhänge, mechanische Schutzelemente, Zweihandbetätigungen und Sicherheits-Überwachungsrelais

Neben der Einhaltung örtlicher Gesetze und Vorschriften sind Sie verantwortlich für die Einhaltung von Sicherheitsempfehlungen, die in allen anwendbaren Vorschriften und Normen ausgeführt sind, einschließlich:

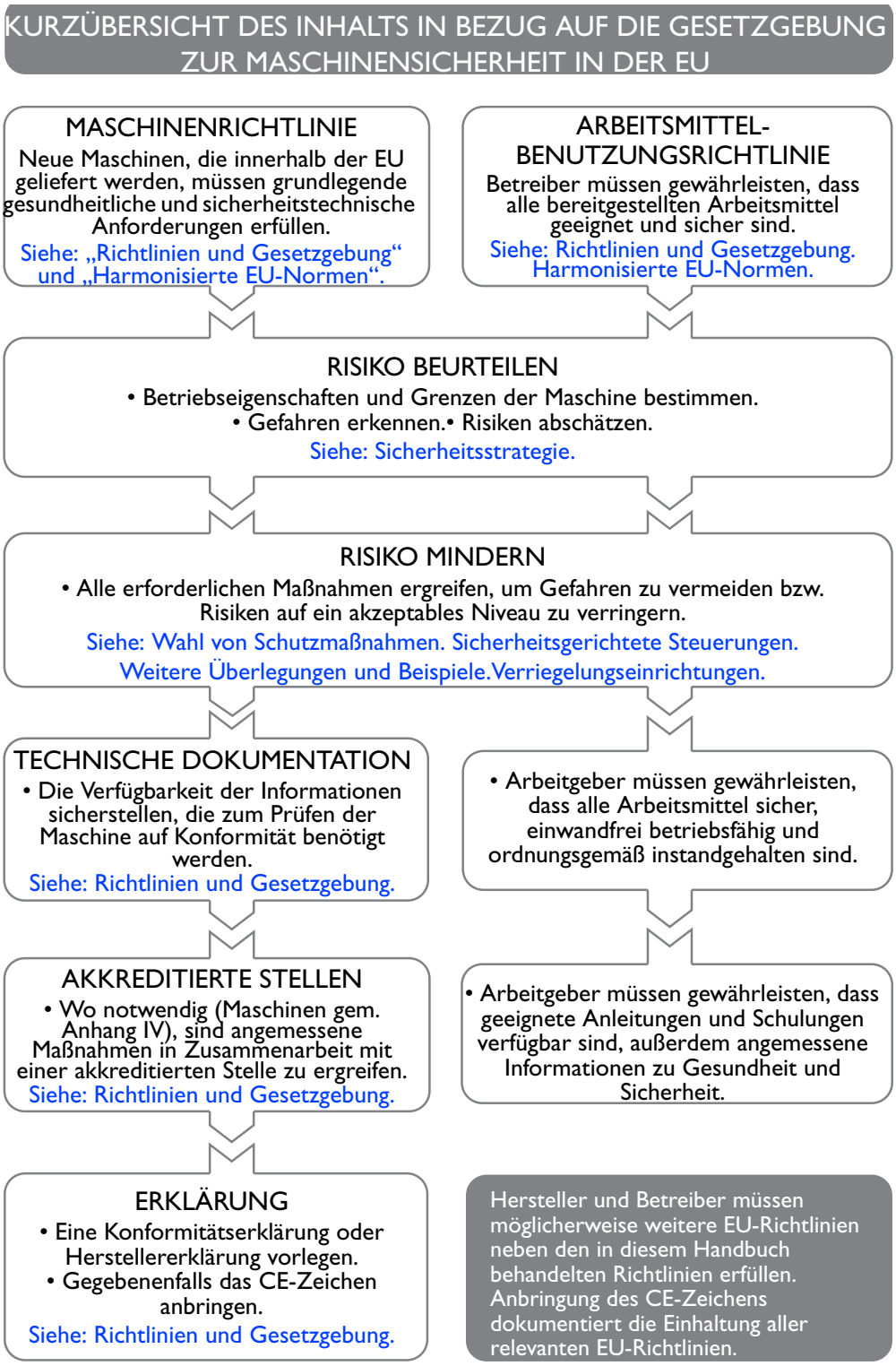
- National Electric Code
- OSHA-Vorschriften
- ANSI-Normen
- NFPA
- CSA

Geschäfts-bedingungen

Anwendbare „Verkaufsbedingungen“ siehe Seite 1-4 in diesem Katalog.

WICHTIG

Rockwell Automation behält sich das Recht vor, den Inhalt dieses Katalogs zu ändern und übernimmt keinerlei Haftung für Zufalls- oder Folgeschäden, die aus Lieferung, Betrieb oder Einsatz der vorgestellten Produkte resultieren.


KURZÜBERSICHT DES INHALTS IN BEZUG AUF DIE GESETZGEBUNG ZUR MASCHINENSICHERHEIT IN DER EU
MASCHINENRICHTLINIE
Neue Maschinen, die innerhalb der EU geliefert werden, müssen grundlegende gesundheitliche und sicherheitstechnische Anforderungen erfüllen.
Siehe: „Richtlinien und Gesetzgebung“ und „Harmonisierte EU-Normen“.
ARBEITSMITTEL-BENUTZUNGSRICHTLINIE
Betreiber müssen gewährleisten, dass alle bereitgestellten Arbeitsmittel geeignet und sicher sind.
Siehe: Richtlinien und Gesetzgebung. Harmonisierte EU-Normen.
RISIKO BEURTEILEN
• Betriebseigenschaften und Grenzen der Maschine bestimmen.
• Gefahren erkennen.• Risiken abschätzen.
Siehe: Sicherheitsstrategie.
RISIKO MINDERN
• Alle erforderlichen Maßnahmen ergreifen, um Gefahren zu vermeiden bzw. Risiken auf ein akzeptables Niveau zu verringern.
Siehe: Wahl von Schutzmaßnahmen. Sicherheitsgerichtete Steuerungen. Weitere Überlegungen und Beispiele.Verriegelungseinrichtungen.
TECHNISCHE DOKUMENTATION
• Die Verfügbarkeit der Informationen sicherstellen, die zum Prüfen der Maschine auf Konformität benötigt werden.
Siehe: Richtlinien und Gesetzgebung.
• Arbeitgeber müssen gewährleisten, dass alle Arbeitsmittel sicher, einwandfrei betriebsfähig und ordnungsgemäß instandgehalten sind.
AKKREDITIERTE STELLEN
• Wo notwendig (Maschinen gem. Anhang IV), sind angemessene Maßnahmen in Zusammenarbeit mit einer akkreditierten Stelle zu ergreifen.
Siehe: Richtlinien und Gesetzgebung.
• Arbeitgeber müssen gewährleisten, dass geeignete Anleitungen und Schulungen verfügbar sind, außerdem angemessene Informationen zu Gesundheit und Sicherheit.
ERKLÄRUNG
• Eine Konformitätserklärung oder Herstellererklärung vorlegen.
• Gegebenenfalls das CE-Zeichen anbringen.
Siehe: Richtlinien und Gesetzgebung.
Hersteller und Betreiber müssen möglicherweise weitere EU-Richtlinien neben den in diesem Handbuch behandelten Richtlinien erfüllen. Anbringung des CE-Zeichens dokumentiert die Einhaltung aller relevanten EU-Richtlinien.

EU-Richtlinien und Gesetzgebung

Dieses Kapitel ist ein Leitfaden für jeden, der sich mit Maschinensicherheit befasst, wobei speziell auf Schutzvorrichtungen und Sicherheitsverriegelungen eingegangen wird. Zielgruppe sind Entwickler und Nutzer industrieller Anlagen.

Um den Gedanken eines offenen Markts innerhalb der EU und EFTA zu fördern, sind alle Mitgliedsländer verpflichtet, Gesetze zu erlassen, die grundlegende sicherheitstechnische Anforderungen für Maschinen und deren Einsatz definieren. **Maschinen, die diese Anforderungen nicht erfüllen, können in den Ländern der EU und EFTA nicht verkauft werden.**

EU-Richtlinien und Gesetzgebung

Es gibt zwei Europäische Richtlinien, die von direkter Bedeutung für die Sicherheit industrieller Maschinen und Anlagen sind. Es sind:

1. Die Maschinenrichtlinie
2. Die Arbeitsmittel-Benutzungsrichtlinie

Diese beiden Richtlinien stehen in direktem Zusammenhang, da die grundlegenden gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen der Maschinenrichtlinie dazu genutzt werden können, die Sicherheit von Maschinen/Anlagen anhand der Arbeitsmittel-Benutzungsrichtlinie zu bestätigen.

Dieses Kapitel behandelt Aspekte beider Richtlinien. Wer sich in den Ländern der EU und EFTA mit Entwurf, Lieferung, Kauf oder Einsatz industrieller Anlagen befasst, sollte sich unbedingt mit den Anforderungen dieser Richtlinien vertraut machen. Die meisten Lieferanten und Betreiber von Maschinen dürfen in der EU nur dann tätig sein, wenn sie diese Richtlinien einhalten.

Es gibt mehrere weitere Europäische Richtlinien (entweder bereits in Kraft oder in Vorbereitung), die Bedeutung für die Sicherheit in der Industrie haben. Die meisten dieser Richtlinien sind recht spezialisiert in ihrer Anwendung und werden in diesem Kapitel nicht behandelt, doch es ist wichtig zu wissen, dass ihre Anforderungen gegebenenfalls eingehalten werden müssen. Beispiele sind: *Niederspannungsrichtlinie — EMV-Richtlinie — Richtlinie zur Verhinderung von Explosionen durch gefährliche Atmosphären.*

Die Maschinenrichtlinie (siehe Abbildung 9)

89/392/EEC in der Fassung 91/368/EEC und 93/44/EEC wurde zur neuen Richtlinie 98/37/EC zusammenfasst. Diese Richtlinie behandelt die Lieferung neuer Maschinen und anderer Einrichtungen einschließlich Sicherheitskomponenten. In den meisten Fällen ist es ein Verstoß gegen die Vorschriften,

Abbildung 1

Maschinen zu liefern, die nicht der Richtlinie entsprechen. Dies bedeutet, dass die Maschinen den weitreichenden sicherheitstechnischen Anforderungen in Anhang I der Richtlinie genügen müssen, eine korrekte Konformitätsbewertung durchgeführt werden muss und eine „Konformitätserklärung“ abgegeben werden muss.

Die Richtlinie ist in vollem Umfang am 1. Januar 1995 für Maschinen und am 1. Januar 1997 für Sicherheitskomponenten in Kraft getreten. Es wurde eine zweijährige Übergangsperiode zugelassen, während der entweder bestehende nationale Vorschriften angewendet oder die neue Richtlinie befolgt werden konnte. Es liegt in der Verantwortung des Herstellers, Importeurs oder Endlieferanten von Maschinen und Komponenten, dass gelieferte Maschinen und Komponenten der Richtlinie entsprechen.

Grundlegende gesundheitliche und sicherheitstechnische Anforderungen

(als EHSR bezeichnet)

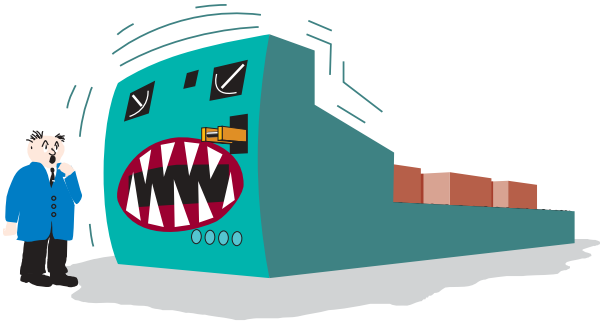


Abbildung 2

Die Richtlinie enthält eine Liste gesundheitlicher und sicherheitstechnischer Anforderungen (EHSR), denen die Maschinen entsprechen müssen, wo dies relevant ist. Zweck dieser Liste ist es, zu gewährleisten, dass die Maschinen sicher sind und so konzipiert und konstruiert sind, dass sie in allen Phasen ihrer Nutzungsdauer betrieben, eingestellt und gewartet werden können, ohne Personen zu gefährden.

Die Richtlinie enthält auch eine Hierarchie von Maßnahmen zum Ausschalten des Risikos:

(1) Eigensichere Auslegung — Nach Möglichkeit verhindert die Auslegung selbst mögliche Gefahren.

Wo dies nicht möglich ist, sind **(2) Zusätzliche Schutzgeräte**, z.B. Schutzeinrichtungen mit verriegelten Zugängen, berührungslos wirkende Barrieren wie Lichtschranken und Lichtvorhänge, Sensormatten usw. zu verwenden.

Jedes Restrisiko, das sich nicht mit den obigen Verfahren ausschließen lässt, muss durch **(3) Persönliche Schutzausrüstung** und/oder **Schulung** begrenzt werden. Der Maschinenlieferant muss geeignete Maßnahmen benennen.

Für Konstruktion und Betrieb sind geeignete Materialien zu verwenden. Es sind angemessene Beleuchtung und Handhabungseinrichtungen vorzusehen. Bedienungselemente und Steuerungen müssen sicher und zuverlässig sein. Maschinen dürfen nicht unerwartet anlaufen können und müssen mit einem oder mehreren Not-Aus-Geräten ausgestattet sein. Bei komplexen Anlagen ist zu berücksichtigen, wie sich vor- oder nachgeschaltete Prozesse auf die Sicherheit einer Maschine auswirken können. Ausfall eines Netzteils oder eines Steuerstromkreises darf nicht zu einer gefährlichen Situation führen. Maschinen müssen stabil sein und vorhersehbaren Beanspruchungen widerstehen können. Sie dürfen keine ungeschützten Kanten oder Oberflächen aufweisen, die eine Verletzungsgefahr darstellen.

Zum Schutz vor Gefahren, wie z.B. beweglichen Teilen, müssen Schutzvorrichtungen oder Schutzgeräte verwendet werden. Diese müssen von robuster Konstruktion und schwer zu umgehen sein. Feste Schutzvorrichtungen müssen so montiert werden, dass sie nur mit Werkzeugen entfernt werden können. Bewegliche Schutzvorrichtungen müssen sicherheitsverriegelt sein. Einstellbare Schutzvorrichtungen müssen sich problemlos ohne Benutzung von Werkzeugen justieren lassen.

Gefahren durch Elektrizität und andere Energiequellen müssen verhindert werden. Durch Temperatur, Explosion, Lärm, Schwingungen, Staub, Gase oder Strahlung bedingte Verletzungsgefahren sind zu minimieren. Es müssen geeignete Vorkehrungen für Wartung und Instandhaltung getroffen werden. Es sind ausreichende Anzeige- und Warngeräte vorzusehen. Maschinen sind mit Anleitungen für sichere Installation, Verwendung, Einstellung usw. zu liefern.

Beurteilung der Konformität

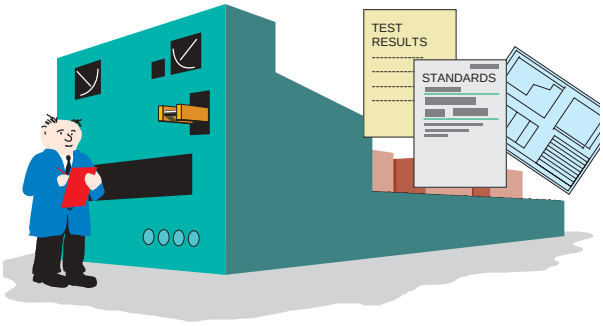


Abbildung 3

Der Konstrukteur, Entwickler oder eine andere akkreditierte Stelle muss nachweisen können, dass die grundlegenden gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen (EHSR) erfüllt werden. Zu diesem Zweck ist eine Akte mit technischer Dokumentation anzulegen. Die technische Dokumentation muss alle relevanten Informationen wie Prüfergebnisse, Zeichnungen, Spezifikationen usw. umfassen (siehe unten).

Dadurch wird der Nachweis der Konformität erleichtert, wenn Maschinen/Anlagen nach bestimmten harmonisierten Europäischen Normen ausgelegt werden sollen. Die Einhaltung dieser Normen ist nicht gesetzlich gefordert, doch ihre Anwendung ist dringend zu empfehlen, da es äußerst schwierig sein kann, die Konformität mit alternativen Verfahren nachzuweisen. Der Aufbau dieser Normen, die von den Institutionen CEN (Europäisches Komitee für Normung) und CENELEC (Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung) ausgearbeitet werden, folgt der Maschinenrichtlinie. Zusammen bilden CEN und CENELEC das „Gemeinschaftliche Institut für Normung in Europa“.

Eine gründliche, dokumentierte Risikobeurteilung muss durchgeführt werden, um allen potentiellen Maschinengefahren Rechnung zu tragen.

Technische Dokumentation

Die für eine Konformitätserklärung verantwortliche Person muss sicherstellen, dass die folgende Dokumentation am Standort der Maschine für Prüfzwecke verfügbar ist.

A Technische Dokumentation mit folgendem Inhalt:

- Gesamtzeichnungen der Maschine einschließlich Zeichnungen der Steuerstromkreise.
- Detailzeichnungen, Berechnungsunterlagen usw., die erforderlich sind, um die Konformität der Maschine mit den grundlegenden gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen (EHSR) nachprüfen zu können.
- Eine Liste der:
  1. für die Maschine relevanten grundlegenden gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen (EHSR)
  2. anwendbaren harmonisierten Europäische Normen
  3. sonstigen anwendbaren Normen
  4. technischen Entwurfsspezifikationen
- Beschreibung der Verfahren, mit denen die von einer Maschine ausgehenden Gefahren vermieden werden.
- Falls gewünscht, technischer Bericht oder Zeugnis einer akkreditierten Stelle (Prüfinstitut) oder eines Labors.
- Bei Erklärung der Konformität mit einer harmonisierten Europäischen Norm ein technischer Bericht mit Prüfergebnissen.
- Eine Kopie der Betriebsanleitung für die Maschine.

B Bei Serienherstellung sind Einzelheiten zu internen Maßnahmen (z.B. Qualitätssysteme) aufzuführen, um sicherzustellen, dass alle produzierten Maschinen konform bleiben:

- Der Hersteller muss die notwendigen Untersuchungen oder Prüfungen an Komponenten, Anbauteilen oder der komplettierten Maschine durchführen, um festzustellen, ob Entwurf und Konstruktion der Maschine es erlauben, die Maschine sicher aufzubauen und in Betrieb zu setzen.
- Die technische Dokumentation braucht nicht ständig in einer einzelnen Akte abgelegt zu sein, doch müssen die Unterlagen in angemessener Zeit zusammengestellt und vorgelegt werden können. Die Unterlagen müssen zehn Jahre nach Herstellung der letzten Einheit verfügbar sein. Wird einer vollziehenden Behörde die technische Dokumentation nicht auf begründetes Verlangen vorgelegt, kann dies die Konformität der Maschine in Frage stellen.

Die Akte mit der technischen Dokumentation braucht keine detaillierten Pläne oder andere spezielle Informationen zu Unterbaugruppen für die Herstellung der Maschine zu enthalten, es sei denn, dies wäre eine wesentliche Voraussetzung für die Erfüllung der grundlegenden gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen (EHSR).

Abbildung 4

Konformitätsbeurteilung für Maschinen gem. Anhang IV

Für bestimmte Arten von Maschinen/Anlagen gelten besondere Regeln. Diese Maschinen/Anlagen sind in Anhang IV der Richtlinie aufgeführt und umfassen gefährliche Maschinen wie bestimmte Holzbearbeitungsmaschinen, Pressen, Spritzgießmaschinen, unterirdisch eingesetzte Maschinen, Fahrzeughebebühnen usw.
Anhang IV umfasst außerdem bestimmte Sicherheitskomponenten wie Lichtvorhänge und Zweihandbetätigungen.

EU-Richtlinien und Gesetzgebung

Abbildung 5

Für Maschinen nach Anhang IV gibt es für den Nachweis der Konformität mit harmonisierten Europäischen Normen drei zur Auswahl stehende Verfahren:

1. Einsendung der technischen Dokumentation an eine akkredidierte Stelle, die den Eingang bestätigt und die Unterlagen archiviert.

Anmerkung: Anmerkung: Bei dieser Option ist keine Beurteilung der technischen Dokumentation vorgesehen. Die Dokumentation kann zu einem späteren Zeitpunkt als Belegquelle dienen, falls es zu einem Problem oder Vorwurf der Nichtkonformität kommen sollte.

2. Einsendung der technischen Dokumentation an eine akkreditierte Stelle zum Nachweis der korrekten Anwendung der harmonisierten Normen, was entsprechend bescheinigt wird.
3. Vorstellung eines Musters der Maschine bei einer akkreditierten Stelle (Prüfinstitut) zur EU-Baumusterprüfung. Besteht die Maschine die Prüfung, wird das EU-Typprüfzeugnis ausgestellt.

Bei Maschinen nach Anhang IV, die nicht konform mit einer Norm sind oder für die keine relevante harmonisierte Europäische Norm existiert, ist ein Muster der Maschine einer akkreditierten Stelle (Prüfinstitut) zum Zweck der EU-Baumusterprüfung vorzustellen.

Akkreditierte Stellen

In sämtlichen Ländern der EU und EFTA wird ein Netz akkreditierter Stellen eingerichtet, die miteinander kommunizieren und kooperieren, um gemeinsame Kriterien aufzustellen. Nähere Angaben zu Prüfinstituten und Prüflabors mit dem Status einer akkreditierten Stelle sind erhältlich von: United Kingdom Accreditation Service, Audley House, 13 Palace Street, London SW1E 5HS.

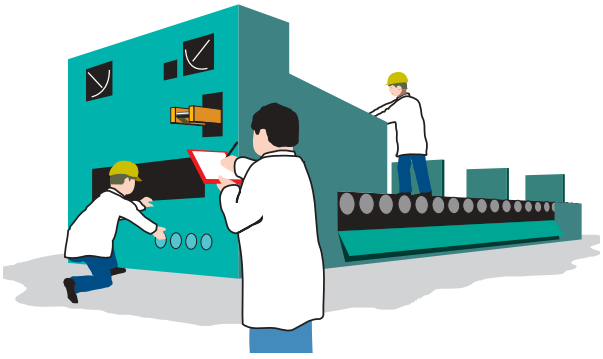


Abbildung 6

EU-Baumusterprüfung

Für eine EU-Baumusterprüfung verlangt die akkreditierte Stelle eine technische Dokumentation und Zugriff auf die zu prüfende Maschine. Es wird überprüft, ob die Maschine entsprechend ihrer technischen Dokumentation hergestellt wurde und die anwendbaren grundlegenden gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen (EHSR) erfüllt. Bei erfolgreich bestandener Prüfung wird ein EU-Typprüfzeugnis ausgestellt. Wird die Prüfung nicht bestanden und kein Zeugnis ausgestellt, muss die Prüfstelle die anderen akkreditierten Stellen informieren.

CE

Abbildung 7

Verfahrensvorschrift zur Konformitätserklärung

Die verantwortliche Person muss eine *EU-Konformitätserklärung* verfassen und das CE-Zeichen *(siehe Abbildung 7)* an allen gelieferten Maschinen anbringen. Auch die *Konformitätserklärung* ist mit den Maschinen auszuliefern.

Anmerkung: Für Sicherheitskomponenten muss eine *Konformitätserklärung* vorliegen, doch tragen sie keine CE-Kennzeichnung im Sinne der Maschinenrichtlinie (auch wenn möglicherweise die CE-Konformität mit der EMV-Richtlinie oder Niederspannungsrichtlinie gegeben ist).

Das CE-Zeichen stellt eine Selbstzertifizierung dar, doch ist es strafbar, ein CE-Zeichen zu beantragen, ohne dass die Maschine die grundlegenden gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen (EHSR) erfüllt und tatsächlich sicher ist. Es ist ebenfalls strafbar, an Maschinen ein Zeichen anzubringen, das mit dem CE-Zeichen verwechselt werden kann.

Anmerkung: Die Nutzung des CE-Zeichens bedeutet auch die Einhaltung aller anderen EU-Richtlinien, denen die Maschinen möglicherweise unterliegt.

EU-Konformitätserklärung

Das die Konformitätserklärung bildende Zeugnis muss enthalten: genaue Angaben zu Hersteller und verantwortlicher Person, genaue Angaben zur Maschine (Hersteller, Seriennummer usw.), gegebenenfalls genaue Angaben zur akkreditierten Prüfstelle, genaue Angaben zu angewendeten Normen und genaue Angaben zu der Person, die ermächtigt ist, das Zeugnis zu unterzeichnen. Bescheinigt werden muss die Konformität mit den grundlegenden gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen (EHSR) bzw. mit dem Maschinenmuster, das der EU-Baumusterprüfung unterzogen wurde *(siehe Abbildung 8)*.

Maykit Wright Ltd.

Declaration of Conformity

In respect of the following Directives:
European Machinery Directive (89/392 EEC as amended by 91/368 EEC and 93/44 EEC).
Any other Directives relevant to the machine (e.g., the EMC Directive) should also be included.

Company:

Maykit Wright Ltd.
Main Street
Anytown Industrial Estate
Anytown, England
AB1 2DC
Tel: 00034 000890. Fax: 00034 000567

Machine: Meat Packaging Machine.

Type: Vacustarwrap 7D

Serial Number: 00516

Conforming to standards: All relevant Harmonized European Standards used and, where appropriate, any national standards and specifications.

If the machine is covered by Annex IV (Schedule 4) it would be necessary at this point to include either:
– The name and address of the Approved Body and the number of the Type Examination Certificate.
or
– The name and address of the Approved Body which has drawn up a Certificate of Adequacy for the technical file.
or
– The name and address of the Approved Body to which the technical file has been forwarded.

This is to declare that the above machine conforms with the relevant Essential Health and Safety Requirements of the European Machinery Directive (89/392 EEC as amended by 91/368 EEC and 93/44 EEC).

Signed for Maykit Wright Ltd.

G.V. Wright
G.V. Wright
Managing Director

Issued 18th January 1996

Abbildung 8

EU-Herstellererklärung

Werden Maschinenkomponenten für den Zusammenbau mit anderen Produkten geliefert, um zu einem späteren Zeitpunkt eine komplette Maschine zu bilden, hat die verantwortliche Person eine Herstellererklärung mitzuliefern (statt einer Konformitätserklärung). Das CE-Zeichen darf NICHT angebracht werden. In diesem Fall hat der Hersteller eine Erklärung mitzuliefern, in der die Inbetriebnahme der Komponenten bis zum Einbau in eine Maschine, die den Bestimmungen der Maschinenrichtlinie entspricht, untersagt wird *(siehe Abbildung 9).*

Diese Option ist nicht verfügbar für Maschinen/Anlagen, die unabhängig funktionieren können oder die Funktion einer Maschine verändern.

Arbeitsmittel-Benutzungsrichtlinie (Richtlinie 89/655/EEC)

Während die Maschinenrichtlinie auf die *Lieferanten* abzielt, zielt diese Richtlinie auf die *Nutzer* von Maschinen ab. Sie deckt sämtliche Industriesektoren ab und formuliert allgemeine Verpflichtungen für Arbeitgeber, was auch die Einhaltung von Mindestanforderungen für die Sicherheit von Arbeitsmitteln umfasst. Alle EU-Länder erlassen eigene Gesetze, um diese Richtlinie umzusetzen.

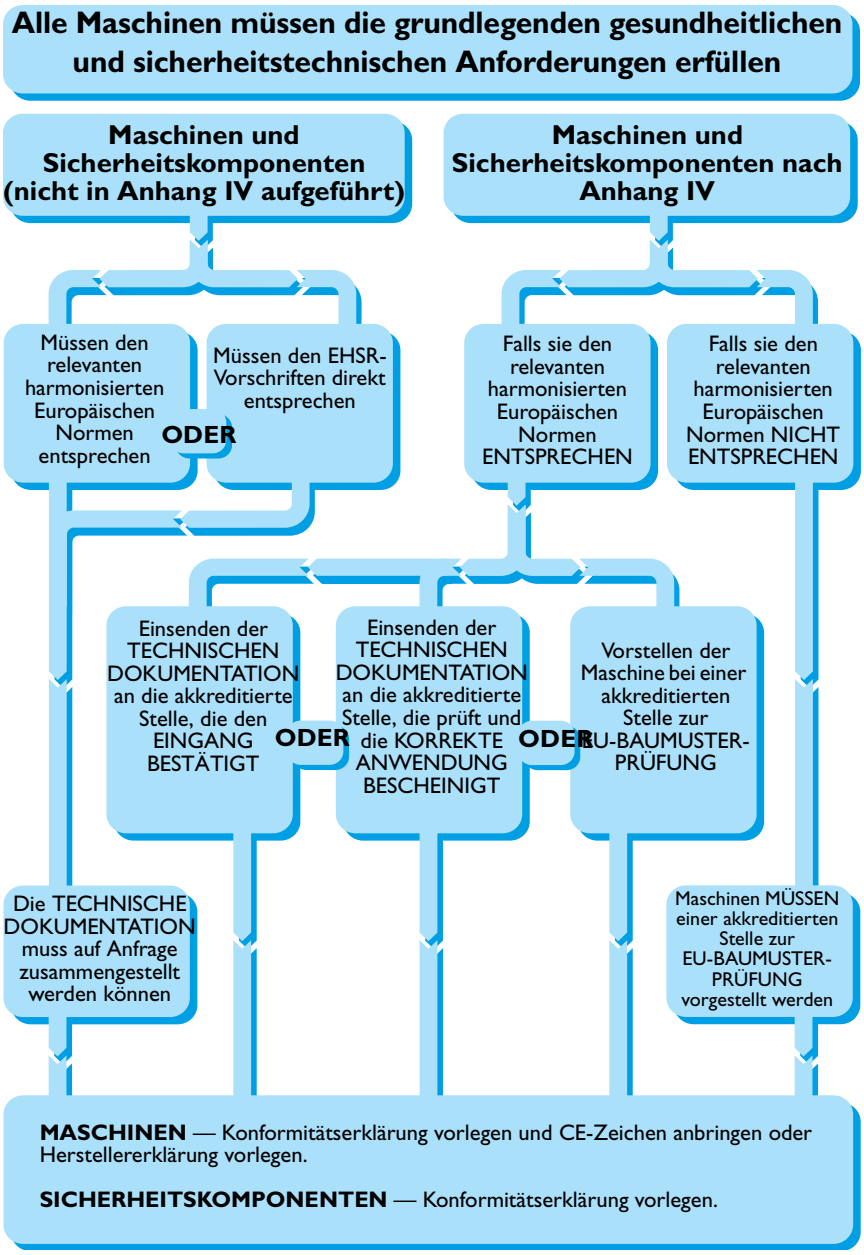

Alle Maschinen müssen die grundlegenden gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllen
Maschinen und Sicherheitskomponenten (nicht in Anhang IV aufgeführt)
Maschinen und Sicherheitskomponenten nach Anhang IV
Müssen den relevanten harmonisierten Europäischen Normen entsprechen
ODER
Müssen den EHSR-Vorschriften direkt entsprechen
Falls sie den relevanten harmonisierten Europäischen Normen ENTSPRECHEN
Falls sie den relevanten harmonisierten Europäischen Normen NICHT ENTSPRECHEN
Einsenden der TECHNISCHEN DOKUMENTATION an die akkreditierte Stelle, die den EINGANG BESTÄTIGT
ODER
Einsenden der TECHNISCHEN DOKUMENTATION an die akkreditierte Stelle, die prüft und die KORREKTE ANWENDUNG BESCHEINIGT
ODER
Vorstellen der Maschine bei einer akkreditierten Stelle zur EU-BAUMUSTER-PRÜFUNG
Die TECHNISCHE DOKUMENTATION muss auf Anfrage zusammengestellt werden können
Maschinen MÜSSEN einer akkreditierten Stelle zur EU-BAUMUSTER-PRÜFUNG vorgestellt werden
MASCHINEN — Konformitätserklärung vorlegen und CE-Zeichen anbringen oder Herstellererklärung vorlegen.
SICHERHEITSKOMPONENTEN — Konformitätserklärung vorlegen.

Abbildung 9: Übersicht der Verfahrensvorschriften für die Maschinenrichtlinie

In Großbritannien gibt es beispielsweise eine Sammlung numerierter Vorschriften mit dem Titel **The Provision und Use of Work Equipment Regulations 1992 (PUWER**). Die Form der Umsetzung kann von Land zu Land verschieden sein, doch die Wirkung der Richtlinie bleibt erhalten *(siehe Abbildung 11)*.

Die Richtlinie ist am 1. Januar 1993 in Kraft getreten, und alle ab diesem Datum in Verkehr gebrachten neuen Maschinen müssen sämtliche Vorschriften erfüllen.

Altmaschinen, die vor diesem Datum in Betrieb waren, müssen die Vorschriften 1 bis 10 erfüllen, doch die Vorschriften 11 bis 24 wurden bis zum 1. Januar 1997 nicht vollständig umgesetzt.

Vorschriften 1 bis 10

Diese Vorschriften erläutern im einzelnen, für welche Arten von Maschinen/Anlagen und Arbeitsplätzen die Richtlinie gilt. Sie definieren auch allgemeine Pflichten der Arbeitgeber, wie den Einsatz sicherer Arbeitssysteme und die Bereitstellung geeigneter und sicherer Arbeitsmittel, die ordnungsgemäß instandgehalten werden müssen. Maschinenbedienern müssen geeignete Informationen und Schulungen für das sichere Arbeiten mit der Maschine zur Verfügung gestellt werden.

Neue Maschinen (und Gebrauchtmaschinen von außerhalb der EU oder EFTA), die nach dem 1. Januar 1993 geliefert wurden, müssen die relevanten Produktrichtlinien erfüllen, z.B. die Maschinenrichtlinie (laut Übergangsbestimmungen). Aus einem Land der EU oder EFTA stammende Gebrauchtmaschinen, die erstmals in Verkehr gebracht werden, müssen sofort die Vorschriften 11 bis 24 erfüllen.

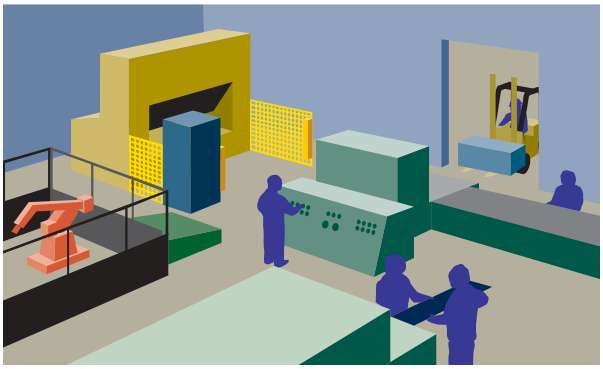


Abbildung 10

Anmerkung: Ältere oder gebrauchte Maschinen, die wesentlich verändert, überholt oder umgebaut werden, gelten als neue Maschinen und müssen damit der Maschinenrichtlinie entsprechen (auch wenn sie nur innerhalb des Unternehmens eingesetzt werden).

Vorschrift 5 „Eignung der Arbeitsmittel" bildet das Herz der Richtlinie und betont die Verantwortung des Arbeitgebers (gemäß Unfallverhütungsvorschriften 1992), eine sachgerechte Risikobeurteilung durchzuführen.

Vorschrift 6 „Instandhaltung" fordert eine ordnungsgemäße Instandhaltung von Maschinen. Dies bedeutet normalerweise, dass ein Programm für die routine- und planmäßige Instandhaltung existieren muss. Es wird empfohlen, Maschinenbücher zu führen und auf dem neuesten Stand zu halten. Dies ist besonders dann wichtig, wenn die Wartung und Prüfung von Maschinen/Anlagen zur fortdauernden Erhaltung der sicherheitsrelevanten Funktionsfähigkeit von Schutzgeräten oder Schutzsystemen beiträgt.

Vorschriften 11 bis 24
Diese Vorschriften betreffen bestimmte Gefahren und Schutzvorkehrungen an Maschinen.

Sie wurden bis zum 1. Januar 1997 für vorhandene, unveränderte in Betrieb befindliche Maschinen nicht umgesetzt. Andere Maschinen mussten diese Vorschriften sofort erfüllen. Entsprechen die Maschinen jedoch relevanten Produktrichtlinien, z.B. der Maschinenrichtlinie, erfüllen sie automatisch die Anforderungen der Vorschriften 11 bis 24, da diese mit den grundlegenden gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen (EHSR) der Maschinenrichtlinie vergleichbar sind.

Von besonderem Interesse ist Vorschrift 11, in der die Hierarchie von Schutzmaßnahmen definiert wird. Es handelt sich um:

A. feste, geschlossene Schutzvorrichtungen.
B. andere Schutzvorrichtungen oder Schutzgeräte.
C. Schutzeinrichtungen (Vorrichtungen, Halter, Tasthebel usw.).
D. Bereitstellung von Informationen, Anleitungen, Beaufsichtigung und Schulung.

Diese Maßnahmen sind ausgehend von der obersten Hierarchiestufe (a) anzuwenden, soweit durchführbar. Normalerweise ist eine Kombination von zwei oder mehr Maßnahmen erforderlich *(siehe Abbildung 11).*

Harmonisierte EU-Normen

Diese Normen sind in allen Ländern des EU- und EFTA-Raums gültig und werden von den europäischen Normungsinstituten CEN und CENELEC ausgearbeitet. Ihre Anwendung ist freiwillig, doch die Konstruktion und Herstellung von Maschinen/Anlagen unter Beachtung dieser Normen ist der direkteste Weg, die Erfüllung der grundlegenden gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen (EHSR) nachzuweisen.
Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Kapitels sind die Normen noch nicht vollständig, doch sobald sie verfügbar sind, werden ihre Titel im offiziellen Mitteilungsblatt der Europäischen Gemeinschaft bekanntgegeben. Einzelheiten erscheinen auch in Publikationen wie den BSI News. Dem Titel dieser Normen sind die Buchstaben „EN" vorangestellt, britische Normen haben das Präfix BS EN. Sobald diese Normen erscheinen, ersetzen sie die vorhandenen nationalen Normen für den betreffenden Geltungsbereich.

Die Normen sind in drei Gruppen unterteilt: A, B und C.

A. NORMEN: Behandeln Gesichtspunkte, die alle Arten von Maschinen betreffen.
B. NORMEN: Nochmals in zwei Gruppen unterteilt.
   B1 NORMEN: Behandeln insbesondere sicherheitsbezogene und ergonomische Gesichtspunkte von Maschinen.
   B2 NORMEN: Behandeln Sicherheitskomponenten und Sicherheitsgeräte.
C. NORMEN: Behandeln bestimmte Arten oder Gruppen von Maschinen.

Es ist wichtig zu wissen, dass bei Erfüllung einer Norm der Gruppe C automatisch von Konformität mit den grundlegenden gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Anforderungen (EHSR) ausgegangen wird. In Abwesenheit einer geeigneten Norm der Gruppe C können Normen der Gruppen A und B herangezogen werden, um teilweise oder vollständig den Nachweis der EHSR-Konformität zu erbringen, indem auf Konformität mit relevanten Abschnitten verwiesen wird.

Als Modell für die Beziehung zwischen Maschinenrichtlinie und Europäischen Normen kann das Sonnensystem dienen *(siehe Abbildung 12)*. Die Planeten stellen die Normen dar, sie drehen sich um die Sonne, d.h. die Maschinenrichtlinie. Die inneren Umlaufbahnen werden von den Normen der Gruppen A und B eingenommen. Auf den äußeren Umlaufbahnen befinden sich die Normen der Gruppe C.

Harmonisierte EU-Normen

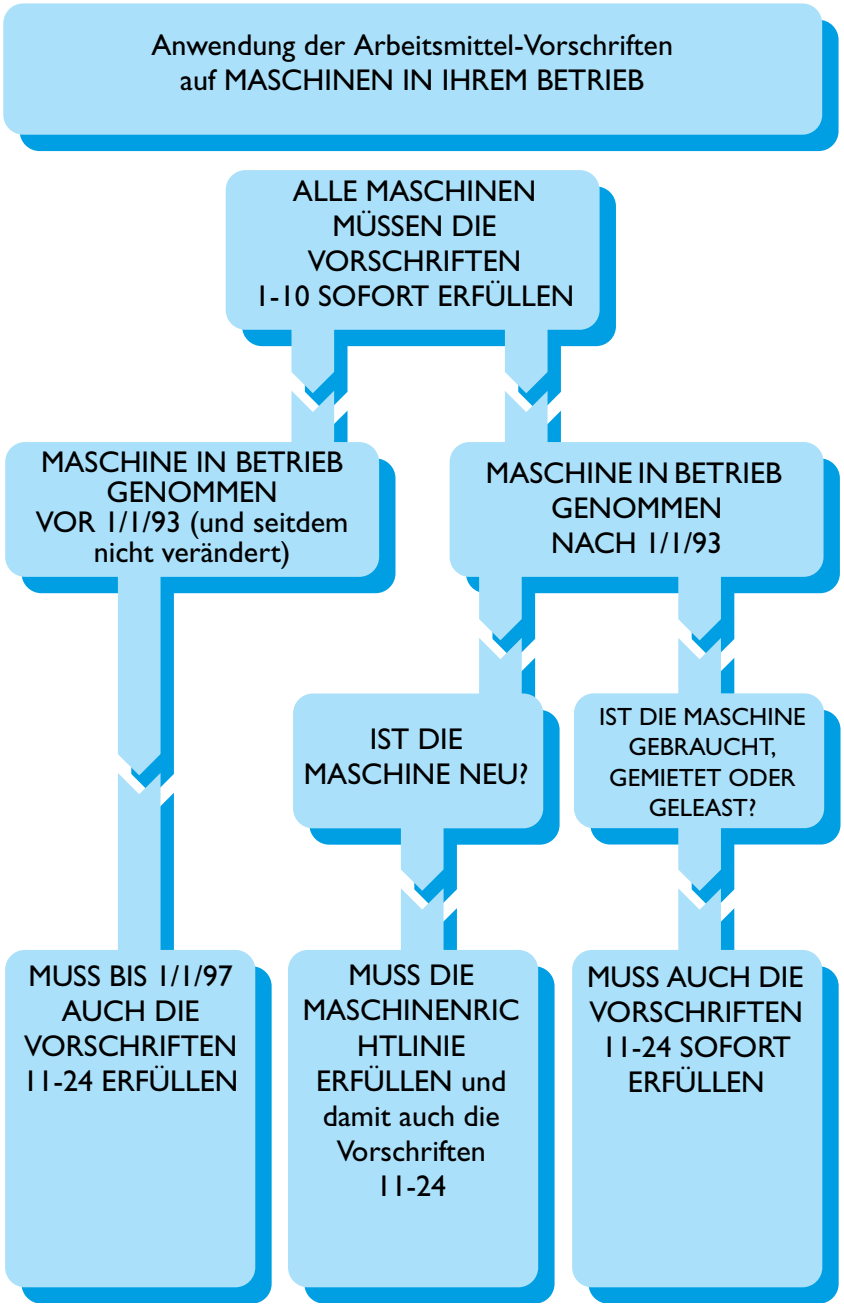

Anwendung der Arbeitsmittel-Vorschriften auf MASCHINEN IN IHREM BETRIEB
ALLE MASCHINEN MÜSSEN DIE VORSCHRIFTEN 1-10 SOFORT ERFÜLLEN
MASCHINE IN BETRIEB GENOMMEN VOR 1/1/93 (und seitdem nicht verändert)
MASCHINE IN BETRIEB GENOMMEN NACH 1/1/93
IST DIE MASCHINE NEU?
IST DIE MASCHINE GEBRAUCHT, GEMIETET ODER GELEAST?
MUSS BIS 1/1/97 AUCH DIE VORSCHRIFTEN 11-24 ERFÜLLEN
MUSS DIE MASCHINENRICHTLINIE ERFÜLLEN und damit auch die Vorschriften 11-24
MUSS AUCH DIE VORSCHRIFTEN 11-24 SOFORT ERFÜLLEN

Abbildung 11: Übersicht der Verfahrensvorschrift für die Anwendung der Arbeitsmittel-Richtlinie (britisches Modell)

Mit anderen weltweit tätigen Normungsinstituten wurden Vereinbarungen für die Kooperation zwischen CEN/CENELEC und IEC und ISO getroffen. Dies sollte letztendlich zu gemeinsamen, weltweit gültigen Normen führen.

Auf den folgenden Seiten werden einige der für dieses Kapitel relevanten Normen der Gruppen A und B vorgestellt. Bei den „EN"-Normen handelt es sich um veröffentlichte Normen. Die „prEN"-Normen haben zum Zeitpunkt der Drucklegung noch nicht das Stadium der endgültigen Veröffentlichung erreicht.

Maschinennormen

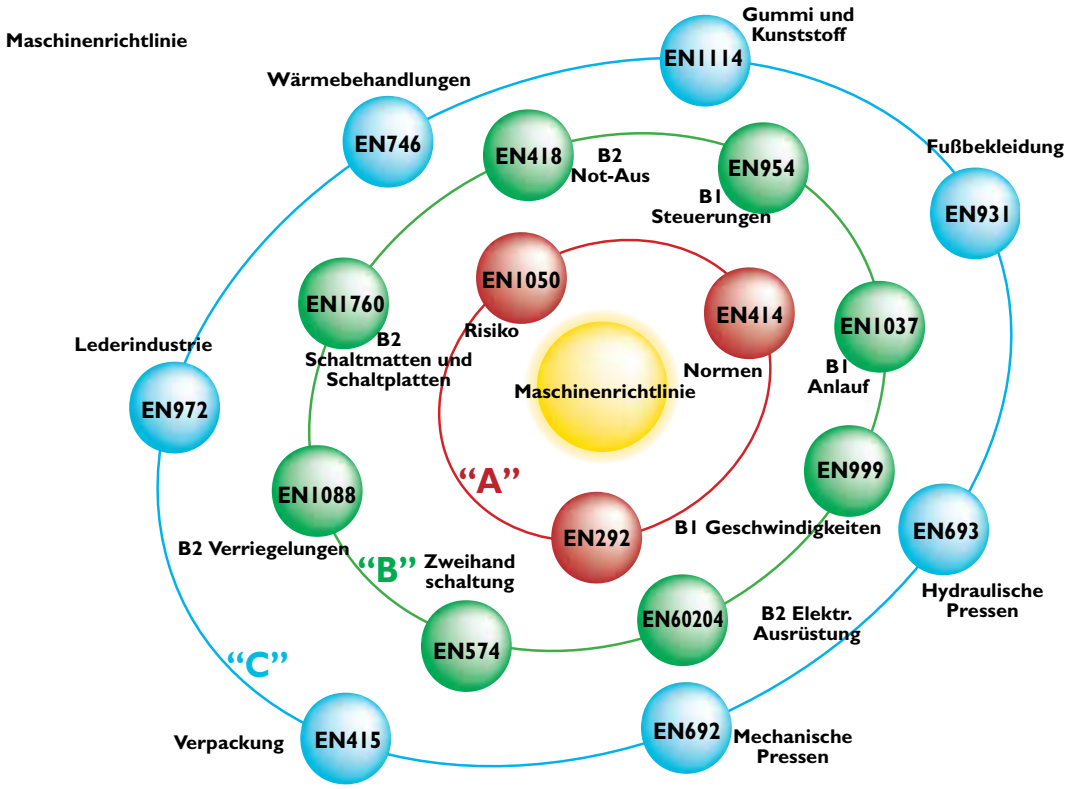


Abbildung 12

EN 292 (ISO 12100, Teile 1 u. 2): Sicherheit von Maschinen

Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze.

Hierbei handelt es sich um eine Norm der Gruppe A, die alle Grundbegriffe einschließlich Risikobeurteilung, Schutzvorrichtungen, Verriegelungseinrichtungen, Not-Aus-Schaltgeräte, Auslösegeräte, Sicherheitsabstände usw. behandelt. Sie verweist auf andere Normen und enthält die wesentlichen sicherheitstechnischen Anforderungen aus der Maschinenrichtlinie.

EN 60204-1 (IEC 60204-1): Sicherheit von Maschinen

Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Teil 1, allgemeine Anforderungen.

Eine sehr wichtige Norm, die Empfehlungen für sicherheitsrelevante Aspekte der Verdrahtung und elektrischen Ausrüstung von Maschinen enthält.

EN 294 (ISO 13852): Sicherheit von Maschinen

Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den oberen Gliedmaßen

Enthält Daten zur Berechnung von sicheren Öffnungsgrößen und Positionierung von Schutzvorrichtungen usw.

EN 811 (ISO 13853): Sicherheit von Maschinen

Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den unteren Gliedmaßen

Enthält Daten zur Berechnung von sicheren Öffnungsgrößen und Positionierung von Schutzvorrichtungen usw.

EN 349 (ISO 13854): Sicherheit von Maschinen

Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens vor Körperteilen

Enthält Daten zur Berechnung sicherer Abstände zwischen beweglichen Teilen usw.

Harmonisierte EU-Normen

EN 1088 (ISO 14119): Sicherheit von Maschinen

Verriegelungseinrichtungen — Grundsätze für Gestaltung und Auswahl.

Enthält Grundsätze für die Gestaltung und Auswahl von Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit Schutzvorrichtungen. Zur Prüfung mechanischer Schalter verweist diese Norm auf **IEC 60947-5-1— Niederspannungs-Schaltanlagen — Teil 5: Steuergeräte und Schaltelemente — Abschnitt 1: Elektromechanische Steuergeräte.**

Zur Prüfung nichtmechanischer Schalter verweist diese Norm **IEC 60947-5-3 — Besondere Anforderungen für berührungslos wirkende Schaltgeräte mit Fehlervermeidungsmaßnahmen oder definiertem Verhalten im Fehlerzustand** (Nummer und Titel provisorisch).

EN 954-1 (ISO 13849-1): Sicherheit von Maschinen

Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze.

Diese Norm befasst sich mit den Anforderungen für sicherheitskritische Teile von Maschinensteuerungen und beschreibt fünf Betriebskategorien: B, 1, 2, 3 und 4. Es steht noch nicht fest, welche Nummer die Norm endgültig erhält. Unabhängig davon, in welcher Form die Norm veröffentlicht wird, ist es wichtig, über Grundkenntnisse dieses Dokuments zu verfügen, da die darin benannten Kategorien als allgemein gültige Definitionen des Betriebsverhaltens sicherheitsgerichteter Steuerungen anerkannt werden.

EN 1050 (ISO 14121): Sicherheit von Maschinen

Grundsätze für die Risikobeurteilung.

Beschreibt die Grundlagen der Beurteilung von Risiken während der Nutzungsdauer von Maschinen und bietet eine Übersicht der Methoden zur Gefahrenanalyse und Risikoabschätzung.

EN 999 (ISO 13855): Sicherheit von Maschinen

Anordnung von Schutzeinrichtungen hinsichtlich Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen.

Beschreibt Berechnungsverfahren, mit denen Konstrukteure und Entwickler die Mindestabstände von Gefahrenbereichen für bestimmte Sicherheitsgeräte ermitteln können, was inbesondere für berührungslos wirkende Geräte (z.B. Lichtvorhänge), druckempfindliche Schaltmatten/Schaltplatten und Zweihandbetätigungen von Bedeutung ist. Diese Norm formuliert für die Anordnung von Sicherheitsgeräten einen Grundsatz, der auf der Annäherungsgeschwindigkeit von Körperteilen und der Anhaltezeit der Maschine basiert. Dieser Grundsatz ist auf sicherheitsverriegelte Schutztüren ohne Schutzverriegelung übertragbar.

IEC 574 — Sicherheit von Maschinen

Zweihandschaltung — Funktionsbezogene Gesichtspunkte — Gestaltungsgrundsätze.

Enthält Anforderungen und Anleitungen für Gestaltung und Auswahl von Zweihandbetätigungsgeräten, einschließlich der Vermeidung von Funktionsaufhebung und Störungen.

EN 418 (ISO 13850): Sicherheit von Maschinen

NOT-AUS-Einrichtungen — Funktionsbezogene Gesichtspunkte — Gestaltungsgrundsätze.

Enthält Gestaltungsgrundsätze und Anforderungen.

ISO 11161 (wird gegenwärtig neu verfasst für ISO und EN): Industrielle Automatisierungssysteme

Sicherheit integrierter Fertigungssysteme — grundlegende Anforderungen.

Diese Norm definiert sicherheitstechnische Anforderungen für Fälle, in denen mehrere Maschinen durch eine programmierbare Steuerung verkettet und zur Herstellung von Einzelteilen oder Baugruppen eingesetzt werden.

IEC/EN 61496-1: Sicherheit von Maschinen

Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen (EN-Fassung nicht veröffentlicht).

IEC 61496-2: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen.

Teil 2: Besondere Anforderungen für Maschinen mit aktiven optoelektronischen Schutzgeräten (AOPD).

Teil 1 enthält Anforderungen und Prüfverfahren für Steuerung und Überwachung berührungslos wirkender Schutzeinrichtungen. Folgeteile behandeln Gesichtspunkte, die besonders die erfassende Seite des Systems betreffen. Teil 2 enthält besondere Anforderungen für Sicherheits-Lichtvorhänge.

EN 1760-1: Sicherheit von Maschinen

Druckempfindliche Sicherheitsgeräte — Teil 1: Schaltmatten und Schaltplatten.

Enthält Anforderungen und Prüfverfahren.

EN 1760-2: Sicherheit von Maschinen

Druckempfindliche Sicherheitsgeräte — Teil 2: Schaltleisten und Schaltstangen.

Enthält Anforderungen und Prüfverfahren.

EN 1037 (ISO 14118): Sicherheit von Maschinen

Allgemeine Anforderungen für die Gestaltung und Konstruktion von Schutzvorrichtungen.

Enthält Definitionen, Beschreibungen und Auslegungsanforderungen für feste und bewegliche Schutzvorrichtungen.

IEC 1038 — Sicherheit von Maschinen

Freischalten und Energieabfuhr — Vermeidung von unerwartetem Anlauf.

Definiert Maßnahmen, die darauf abzielen, Maschinen von der Energieversorgung freizuschalten und gespeicherte Energie abzuführen, um unerwartetes Anlaufen von Maschinen zu verhindern und sicheres Arbeiten in Gefahrenbereichen zu ermöglichen.

Wahl von Schutzmaßnahmen

Wenn die Risikobeurteilung zeigt, dass eine Maschine oder ein Prozess eine Verletzungsgefahr mit sich bringt, muss die Gefahr beseitigt oder begrenzt werden. Die Art und Weise, wie dies erreicht wird, hängt von der Beschaffenheit der Maschine und der Gefahr ab. Im wesentlichen bestehen die Maßnahmen darin, den Zugang zu Teilen, die sich in einem gefährlichen Zustand befinden, zu verhindern. Die beste Schutzmaßnahme ist die Wahl eines Geräts oder Systems, das maximale Schutzwirkung bei minimaler Behinderung des normalen Maschinenbetriebs bietet. Es ist wichtig, alle Aspekte einer Maschine zu betrachten, da die Erfahrung zeigt, dass ein schwierig zu benutzendes System eher entfernt oder umgangen wird.
Um dies zu erreichen, soll der gewählte Schutz entweder

1. den Zugang während gefährlicher Bewegungen verhindern oder
2. gefährliche Bewegungen während des Zugangs verhindern.

Die folgenden Seiten geben ein kurze Übersicht der Eigenschaften der gebräuchlichsten Geräte.

Verhindern des Zugangs

Feste geschlossene Schutzvorrichtungen.
Besteht die Gefahr in einem Maschinenteil, das nicht zugänglich sein muss, ist das Teil dauerhaft mit festen, geschlossenen Schutzvorrichtungen zu schützen.

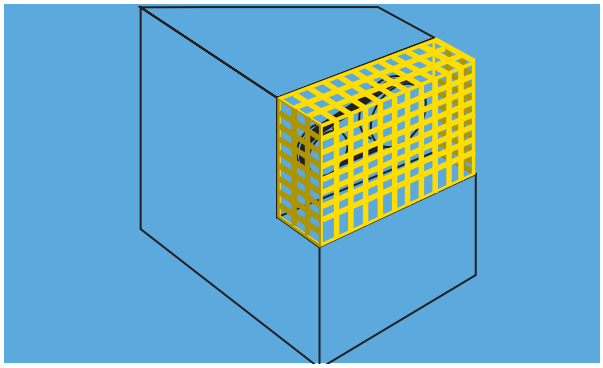


Abbildung 13

Bewegliche Schutzvorrichtungen mit Verriegelungsschaltern

Wenn Zugang erforderlich ist, muss eine bewegliche (zu öffnende) Schutzvorrichtung vorhanden sein, die mit der Energiezufuhr der gefährlichen Maschine in einer Weise sicherheitsverriegelt ist, dass beim Öffnen der Schutztür die Energieversorgung abgeschaltet wird. Dieses Konzept umfasst die Verwendung eines Verriegelungsschalters, der an der Schutztür angebracht ist. Das Aus- und Wiedereinschalten der Energiezufuhr der gefährlichen Maschine erfolgt durch die Schaltsektion der Maschine. Die Energiequelle ist normalerweise elektrischer Strom, doch es kann sich auch um Druckluft oder Hydraulikdruck handeln. Wenn die Bewegung (Öffnung) der Schutztür erkannt wird, trennt der Verriegelungsschalter die Energiezufuhr der gefährlichen Maschine entweder direkt oder über ein Leistungsschütz (bzw. Ventil). Manche Verriegelungsschalter besitzen auch eine Sperre, die die Schutztür geschlossen hält und erst dann freigibt, wenn sich die Maschine in einem sicheren Zustand befindet. Für die meisten Anwendungsfälle ist die Kombination aus beweglicher Schutzvorrichtung und Verriegelungsschalter mit oder ohne Schutzverriegelung die zuverlässigste und kostengünstigste Lösung.

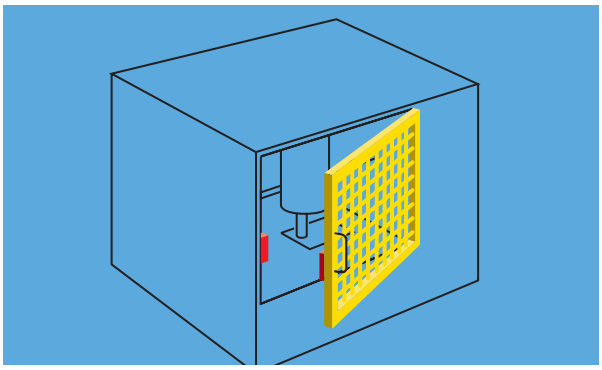


Abbildung 14

Zweihandschaltung
Die Verwendung von Zweihandschaltungen (auch als beidhändige Betätigungen bezeichnet) ist ein übliches Verfahren zum Verhindern des Zugangs, während sich eine Maschine in einem gefährlichen Zustand befindet. Zwei Einschalttaster müssen gleichzeitig betätigt werden, um die Maschine in Betrieb zu setzen. Dies stellt sicher, dass beide Hände des Bedieners an einer sicheren Stelle (d.h. an den Schaltern) sein müssen und sich deshalb nicht im Gefahrenbereich befinden können.

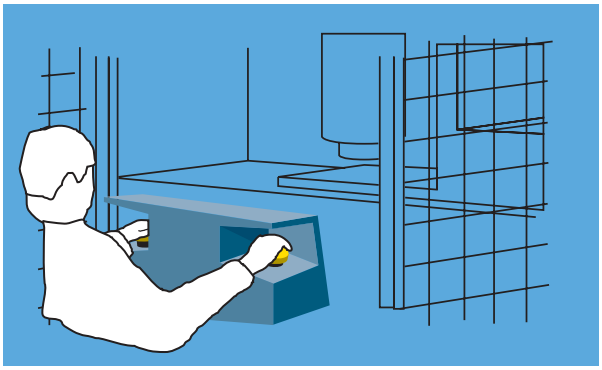


Abbildung 15

Anmerkung: Diese Maßnahme schützt nur den Bediener und kein anderes Personal.

Eine Zweihandschaltung stellt hohe Ansprüche an die Funktionssicherheit des Steuerungs- und Überwachungssystems, damit jeder Fehler erkennt wird. Es ist deshalb wichtig, dass dieser Gesichtspunkt bei der Auslegung korrekt berücksichtigt wird.

Die mechanische Konstruktion muss unsachgemäße Betätigung (z.B. durch Hand und Ellenbogen) ausschließen.

Die Maschine darf nicht von einem Arbeitsspiel zum nächsten übergehen, ohne dass beide Taster losgelassen und gedrückt wurden. Dies verhindert die Möglichkeit, dass beide Taster blockieren und die Maschine dauernd laufen lassen. Beim Loslassen eines Tasters muss die Maschine stehenbleiben. Der Einsatz von Zweihandschaltungen ist mit Vorsicht zu betrachten, da normalerweise ein Restrisiko nicht ausgeschlossen werden kann.

Zweihandschaltungen sind jedoch sehr nützlich bei Anwendungen wie Hängedruckknopftafeln für den Einlernbetrieb von Robotern und Tippschaltungen, da sie einen verbesserten Schutz gewährleisten, wenn sie in Verbindung mit anderen Schutzgeräten eingesetzt werden.

Verhindern gefährlicher Bewegungen

Wenn ein relativ häufiger Zugang durch Bedienpersonal erforderlich ist, beeinträchtigen mechanische Schutzvorrichtungen an der Gefahrenstelle manchmal zu stark den Betriebsablauf, imdem sie das Einlegen von Werkstücken oder Einstellarbeiten erschweren. In dieser Situation benötigt man ein Gerät, das bei unbeschränktem Zugang des Bedieners gefährliche Bewegungen der Maschine verhindert, indem es die Anwesenheit des Bedieners erkennt und die Spannungsversorgung der Maschine unterbricht.

Fotoelektrische Lichtvorhänge

Diese Geräte bilden einen „Vorhang“ aus harmlosen Infrarotlichtstrahlen vor dem Gefahrenbereich. Wird einer der Lichtstrahlen durch Eindringen eines Gegenstands oder Körperteils in den Gefahrenbereich unterbrochen, schaltet das Steuergerät des Lichtvorhangs die Spannungsversorgung der gefährlichen Maschine aus. Bauart und Anordnung von Lichtvorhängen werden durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt. Näheres hierzu enthält EN 999 „Anordnung von Schutzeinrichtungen hinsichtlich Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen“.

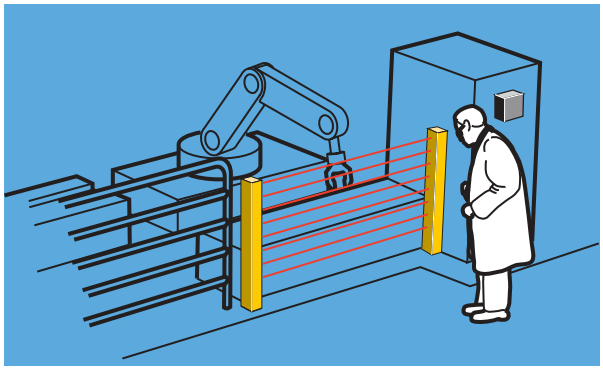


Abbildung 16

Lichtvorhänge sind äußerst vielseitig und können kritische Bereiche über meterlange Strecken schützen. Mit Hilfe von Spiegeln können die Lichtstrahlen um Ecken gelenkt werden, um eine Maschine einzuschließen. Lichtvorhänge sind mit verschiedenen Lichtstrahlabständen lieferbar, was sie für eine Reihe von Anwendungen geeignet macht: vom Umfeldschutz für Industrieroboter bis zum Schutz der Zugangsstellen an Pressen und Scheren.

Druckempfindliche Sicherheitsmatten

Diese Geräte dienen zum Überwachen eines Fußbodenbereichs um eine Maschine. Auf dem Fußboden im Gefahrenbereich werden Schaltmatten verlegt, und jeder Druck (z.B. Betreten durch einen Bediener) bewirkt, dass das Mattensteuergerät die Energiezufuhr der gefährlichen Maschine abschaltet.

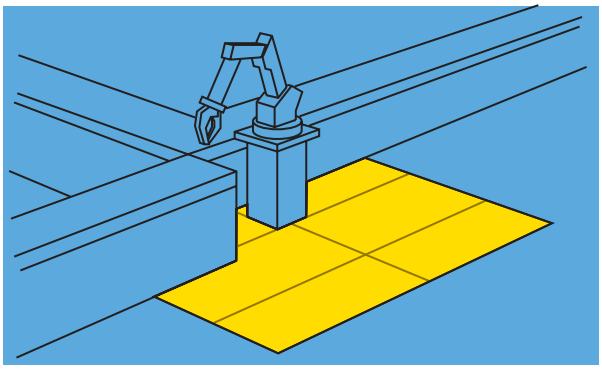


Abbildung 17

Druckempfindliche Matten werden oft in geschlossenen Bereichen mit mehreren Maschinen verwendet, z.B. in flexiblen Fertigungsinseln oder Roboterzellen. Wenn Zugang zur Zelle erforderlich ist (z.B. zum Einlernen des Roboters), verhindern die Matten gefährliche Bewegungen, falls der Bediener den sicheren Bereich verlässt.

Größe und Anordnung der Matten sind mit den Formeln in der Norm EN 999 „Anordnung von Schutzeinrichtungen hinsichtlich Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen“ zu berechnen.

Druckempfindliche Kantenschutzleisten

Diese Geräte sind flexible Schaltleisten, die an der Kante eines beweglichen Teils montiert werden können, z.B. an einem Maschinentisch oder einem elektrischen Rolltor, um der Gefahr des Einklemmens oder Abscherens zu begegnen.

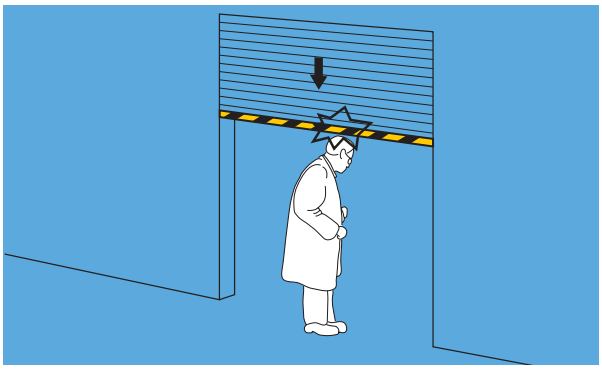


Abbildung 18

Falls das bewegliche Teil auf den Bediener trifft (oder umgekehrt), wird die flexible Sensorkante eingedrückt und schaltet den Antrieb des gefährlichen Teils aus. Schaltleisten können auch zum Schutz an Maschinen eingesetzt werden, wenn die Gefahr besteht, dass der Bediener von beweglichen oder rotierenden Teilen erfasst wird. Verfängt sich ein Bediener in der Maschine, bewirkt Kontakt mit der Schaltleiste das Stillsetzen des Maschinenantriebs.

Lichtvorhänge, Schaltmatten und Schaltleisten können als „Auslösevorrichtungen“ klassifiziert werden. Diese Geräte können Annäherungen an gefährliche Bereiche nicht verhindern, sondern nur erkennen. Sie sind ausschließlich auf ihre Fähigkeit angewiesen, zum Zweck der Sicherheit sowohl zu erkennen als auch zu schalten: es ist wichtig, dass ihre Steuerschaltung mit Leistungsmerkmalen zur Selbstüberwachung und Fehlersicherheit ausgestattet ist. Im

allgemeinen sind sie nur sinnvoll an Maschinen, die nach dem Abschalten der Antriebsenergie ausreichend schnell zum Stillstand kommen. Da ein Bediener den Gefahrenbereich direkt betreten oder erreichen kann, muss die zum Anhalten der Bewegung notwendige Zeit kürzer sein als die Zeit, die der Bediener nach Auslösen des Geräts zum Erreichen der Gefahr benötigt.

Ausschaltvorrichtungen
In den USA, Europa und auf internationaler Ebene besteht Übereinkunft hinsichtlich der Bezeichnungen von Ausschaltkategorien für Maschinen oder Fertigungssysteme. Anmerkung: diese Kategorien unterscheiden sich von den Kategorien der Norm EN 954-1 (ISO 13849-1). Näheres hierzu siehe Normen NFPA79 und IEC/EN60204-1.
Ausschaltvorrichtungen fallen in drei Kategorien:

- **Kategorie 0** ist Stillsetzen durch sofortiges Abschalten der Maschinenantriebe. Dies wird als ungesteuertes Stillsetzen bezeichnet. Bei abgeschalteter Antriebsenergie sind auf Antriebskraft angewiesene Bremsvorrichtungen ohne Wirkung. Deshalb können Motoren frei drehen und über einen längeren Zeitraum bis zum Stillstand auslaufen. In anderen Fällen können Werkstücke aus den auf Antriebskraft angewiesenen Haltevorrichtungen einer Maschine fallen. Mechanische Anhaltevorrichtungen, die keine Antriebskraft erfordern, können ebenfalls mit einer Ausschaltvorrichtung der Kategorie 0 eingesetzt werden. Ausschaltvorrichtungen der Kategorie 0 haben Priorität vor Ausschaltvorrichtungen der Kategorie 1 oder Kategorie 2.
- **Kategorie 1** ist gesteuertes Stillsetzen, wobei Energie zum Abbremsen und Anhalten der Maschinenantriebe verfügbar ist. Sobald die Maschine zum Stillstand gekommen ist, wird die Antriebsenergie abgeschaltet. Ausschaltvorrichtungen dieser Kategorie ermöglichen kraftunterstütztes Bremsen, um gefährliche Bewegungen schnell zu stoppen. Danach kann die Antriebsenergie abgeschaltet werden.
- **Kategorie 2** ist kontrolliertes Anhalten, wobei Energie für die Maschinenantriebe verfügbar bleibt. Ein normales Anhalten der Fertigung wird als Ausschaltvorgang der Kategorie 2 betrachtet.

Diese Ausschaltkategorien müssen auf jede Ausschaltfunktion angewendet werden, wobei die Ausschaltfunktion auf der Wirkung der sicherheitsgerichteten Teile einer Steuerung bei Eingang eines Signals der Kategorie 0 oder 1 beruht. Ausschaltfunktionen müssen entsprechende Einschaltfunktionen übersteuern. Die erforderliche Ausschaltkategorie für die jeweilige Ausschaltfunktion muss durch eine Risikobeurteilung bestimmt werden.

Not-Aus-Funktion
Die Not-Aus-Funktion muss als Ausschaltfunktion der Kategorie 0 oder 1 arbeiten, je nach Ergebnis der Risikobeurteilung. Sie muss durch eine einzige Handlung einer Person ausgelöst werden. Alle anderen Funktionen und Betriebsarten der Maschine bleiben dabei unberücksichtigt. Ziel ist, den Antrieb so schnell wie möglich auszuschalten, ohne dass zusätzliche Gefahren entstehen.

Bis vor kurzem waren für Not-Aus-Schaltungen festverdrahtete elektromechanische Komponenten erforderlich. Durch die Entwicklung von Sicherheits-SPS kann mittlerweile auch Elektronik, die den Anforderungen von Normen wie IEC 61508 entspricht, in der Not-Aus-Schaltung eingesetzt werden. Die aktuelle Fassung von IEC 60204-1 schreibt elektromechanische Komponenten vor. Das Löschen dieser Beschränkung aus IEC 60204-1 wird für zukünftige Ausgaben dieser Norm in Erwägung gezogen. Das endgültige Abschalten der Antriebsenergie in einer Not-Aus-Schaltung der Kategorie 0 oder 1 muss durch eine elektromechanische Komponente erfolgen.

Not-Aus-Geräte
Überall dort, wo ein Bediener durch eine Maschine gefährdet werden kann, muss eine Einrichtung vorhanden sein, die den schnellen Zugriff auf ein Not-Aus-Gerät ermöglicht. Das Not-Aus-Gerät muss ständig betriebsfähig und ungehindert erreichbar sein. Jede Bedienerschalttafel muss mindestens ein Not-Aus-Gerät enthalten. Zusätzlich Not-Aus-Geräte können nach Bedarf an anderen Stellen angeordnet werden. Not-Aus-Geräte werden in verschiedenen Formen hergestellt. Drucktastschalter und Seilzugschalter sind Beispiele für die gebräuchlichsten Gerätetypen. Wenn das Not-Aus-Gerät betätigt wird, muss es fest einrasten. Es darf nicht möglich sein, den Ausschaltbefehl ohne Selbsthaltung zu erzeugen. Rückstellung des Not-Aus-Geräts darf keine gefährliche Situation hervorrufen. Ein Wiederanlauf der Maschine darf nur durch eine separate und beabsichtigte Handlung möglich sein.

Weitere Informationen über Not-Aus-Geräte siehe EN418 (ISO13850), IEC 60947-5-5, NFPA79 und IEC60204-1, AS4024.1, Z432-94.

Not-Aus-Taster
Normalerweise ein roter Pilzkopftaster auf gelbem Hintergrund, den der Bediener im Notfall drückt *(siehe Abbildung 19)*. Die Anordnung der Not-Aus-Taster muss strategisch geplant werden. In der Umgebung der Maschine müssen genügend Not-Aus-Taster vorhanden sein, um sicherzustellen, dass an Gefahrenstellen immer ein Taster erreichbar ist.

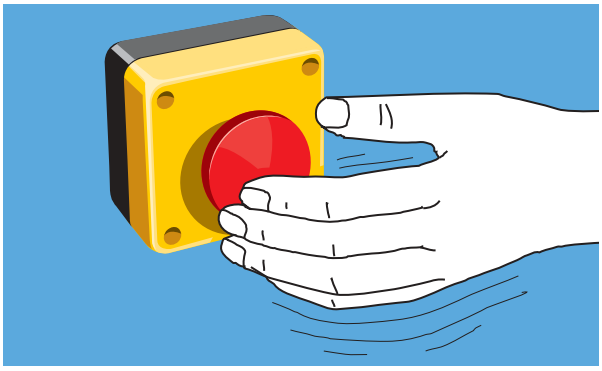


Abbildung 19

Seilzugschalter
Bei Produktionsbändern ist es oft sinnvoller und effektiver, im Gefahrenbereich einen Seilzug als Not-Aus-Gerät vorzusehen *(siehe Abbildung 20)*. Diese Geräte bestehen aus einem Stahlseil, das mit selbsthaltenden Zugschaltern verbunden ist, so dass Ziehen am Seil in beliebiger Richtung und an beliebiger Stelle auf der gesamten Länge die Schalter auslöst und die Stromversorgung der Maschine trennt.

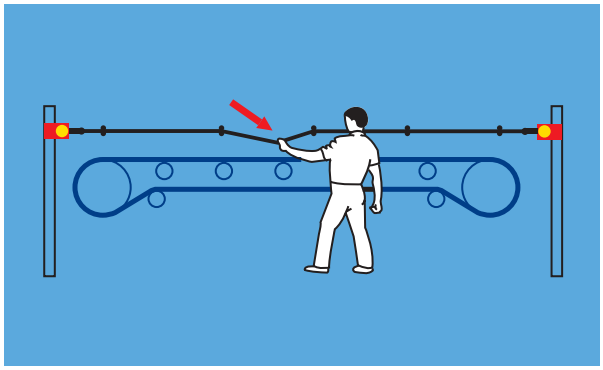


Abbildung 20

Verriegelungsschalter für Schutztüren
Verriegelungsschalter für Schutztüren werden verwendet, um Stoppbefehle an sicherheitsgerichtete Teile der Steuerung zu übermitteln. Schutztürverriegelungen können die gleiche Funktion erfüllen wie Not-Aus-Geräte, dies muss aber nicht notwendigerweise der Fall sein. Die Ausschaltkategorie 0 oder 1 ist durch eine Risikobeurteilung zu bestimmen. Schließen der Tür darf nicht den Anlauf der Maschine bewirken. Ein Wiederanlauf der Maschine darf nur durch eine separate und beabsichtigte Handlung möglich sein.

Teleskop-Auslöseschalter

Andere Varianten umfassen Teleskopantennenschalter, bei denen Ablenkung der Antenne bewirkt, dass die Stromversorgung der Maschine getrennt wird. Diese Geräte werden üblicherweise als Auslösevorrichtungen an Säulenbohrmaschinen verwendet. Der Schalter ist an der Bohrmaschine montiert, und die Antenne erstreckt sich neben dem Bohrer nach unten. Falls der Bediener vom Bohrer erfasst werden sollte, wird die Antenne abgelenkt und betätigt den Schalter (normalerweise verbunden mit einem dynamischen Bremsgerät (*siehe Abbildung 21.*)

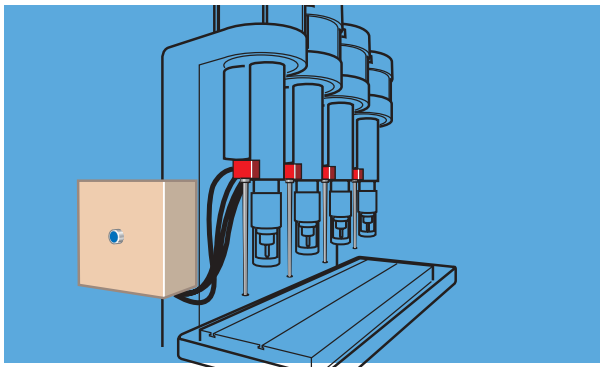


Abbildung 21

Sicherheitsstrategie

Risikobeurteilung und Risikominderung

Wenn man ausschließlich die Funktion betrachtet, ist eine Maschine umso besser, je effizienter sie arbeitet. In der Praxis muss eine Maschine aber auch sicher sein.
Die Sicherheit ist ein primärer Gesichtspunkt, dies schließt die Sicherheit des Personals *und* der Umwelt ein (die Umwelt liegt zwar außerhalb des Themenbereichs dieses Kapitels, doch bedeuten die beiden Sicherheitskategorien oft das gleiche).

Eine sinnvolle Sicherheitsstrategie umfasst:

1. **RISIKOBEURTEILUNG** auf der Grundlage eines klaren Verständnisses der **Funktionen und Grenzen einer Maschine**, die analysiert werden müssen, um eine potentielle Gefahr zu **identifizieren**. Der durch die Gefahr bedingte Risikograd wird daraufhin **abgeschätzt**, um eine Grundlage für die Beurteilung in späteren Phasen zur Verfügung zu stellen. Anschließend ist eine **Risikobewertung** erforderlich, um festzustellen, ob bestehende Sicherheitsmaßnahmen ausreichend sind oder ob zusätzliche Maßnahmen notwendig sind, um das Risiko zu mindern.
2. **RISIKOMINDERUNG** je nach Notwendigkeit, dabei richtet sich die Ausahl von Sicherheitsmaßnahmen nach den in der Phase der Risikobeurteilung gewonnenen Informationen.

Nach der Umsetzung dieser Maßnahmen wird der Prozess wiederholt, um zu überprüfen, ob tatsächlich Sicherheit erreicht wurde.

Die Art und Weise, in der dies geschieht, ist die Grundlage der **SICHERHEITSSTRATEGIE** für die Maschine.

Dazu wird eine Checkliste benötigt, um sicherzustellen, dass alle Gesichtspunkte berücksichtigt werden und sich das übergeordnete Prinzip nicht im Detail verliert.

Der erste Schritt soll sicherstellen, dass der gesamte Prozess dokumentiert wird. Dies gewährleistet nicht nur eine gründlichere Erledigung der Aufgabe, sondern macht auch die Ergebnisse für die Überprüfung durch andere Beteiligte verfügbar. Die Ergebnisse können auch in die technische Dokumentation aufgenommen werden und als Belege für die Konformitätserklärung laut Maschinenrichtlinie dienen. Da der Prozess wahrscheinlich wiederholt werden muss, bedeutet das Dokumentieren der Ergebnisse, dass unnötige Doppelarbeiten vermieden werden können.

Wenn eine Maschine nach einer Norm des Typs C ausgelegt ist, müssten an der Maschine bereits alle für die Sicherheit notwendigen Maßnahmen umgesetzt sein. Es wird dringend empfohlen, diesen Prozess dennoch zu durchlaufen, damit auch wirklich alle Punkte berücksichtigt werden.

Auch wenn dieses Kapitel sich nur an Hersteller von Maschinen zu richten scheint, ist es genauso wichtig für die Nutzer von Maschinen, denn Maschinen arbeiten oft unter Bedingungen, die der Hersteller nicht voraussehen konnte. Der Nutzer (bzw. Betreiber) muss für eine sichere Arbeitsumgebung sorgen. Die PUWER-Vorschrift 5 (Absatz 60) stellt klar, dass die Sicherheit von Arbeitsmitteln auf drei Aspekten beruht:

A. Funktionssicherheit im Ausgangszustand
B. Einsatzort
C. Einsatzzweck

Beispiel: Bei einer Fräsmaschine, die in einer Lehrwerkstatt eingesetzt wird, müssen mehr Faktoren berücksichtigt werden als bei einer Fräsmaschine, die in einer industriellen Fertigung arbeitet.

Weiterhin ist zu bedenken: Wenn ein Fertigungsbetrieb mehrere unabhängige Maschinen kauft und in einen Prozess integriert, ist der Fertigungsbetrieb streng genommen der Hersteller der resultierenden kombinierten Maschine.

Die wesentlichen Schritte auf dem Weg zu einer zweckmäßigen Sicherheitsstrategie sollen nun betrachtet werden. Die folgenden Ausführungen sind auf bestehende Werksinstallationen oder einzelne neue Maschinen anwendbar.

Risikobeurteilung

Warum ist eine Risikobeurteilung notwendig?

Ein Grund ist offensichtlich, denn es handelt sich um eine **gesetzliche Anforderung** in der Europäischen Union. Aus den meisten Richtlinien und Vorschriften zur Maschinensicherheit geht hervor, dass eine formelle Risikobeurteilung durchgeführt werden muss. Die meisten harmonisierten Europäischen Normen der Typen A und B verweisen darauf, und für das Thema selbst existiert eine Norm — EN 1050 „Grundsätze für die Risikobeurteilung“. Nur wenige, die sich mit der Sicherheit von Maschinen beschäftigen, sehen nicht die Wichtigkeit der Risikobeurteilung. Bei uns gilt die Risikobeurteilung als integraler Bestandteil einer Sicherheitsstrategie. Es ist falsch, die Risikobeurteilung als lästige Aufgabe zu betrachten. Eine Risikobeurteilung ist ein hilfreicher Prozess, der lebenswichtige Informationen liefert und den Nutzer oder Entwickler in die Lage versetzt, logische Entscheidungen über Wege zum Erreichen von Sicherheit zu treffen.

Grenzen von Maschinen bestimmen und Gefahren erkennen

Es ist eine vollständige Liste aller Maschinen anzulegen. Wo separate Maschinen miteinander verkettet sind, entweder mechanisch oder durch elektronische Steuerungen, sind sie als einzelne Maschine zu betrachten. Für jede Maschine ist dann zu überlegen, ob sie auf irgendeine Art und Weise eine Gefahr darstellt, und diese Feststellungen sind in die Liste einzutragen.
Es ist wichtig, alle Grenzen und Phasen der Nutzungsdauer einer Maschine zu berücksichtigen, einschließlich Montage, Inbetriebnahme, Instandhaltung, Stillegung, bestimmungsgemäßer Gebrauch und Betrieb sowie die Folgen offensichtlicher Fehlverwendung oder Fehlfunktion.

Alle Arten von Gefahren müssen berücksichtigt werden, einschließlich Quetschen, Scheren, Einziehen, Aufwickeln, Werkstückauswurf, Rauchgase, Strahlung, giftige Substanzen, Hitze, Lärm usw.

Anmerkung: Falls eine Maschine, um als sicher zu gelten, eine Maßnahme erfordert, die ihre innewohnenden Merkmale verändert, ist sie als Gefahrenquelle zu betrachten. Eine Maschine mit freiliegenden Zahnrädern stellt eine offensichtliche und direkte Gefahr dar. Sind die Zahnräder jedoch durch ein verriegeltes Abdeckblech geschützt, bilden sie eine potentielle Gefahr, die zu einer direkten Gefahr werden kann, falls das Verriegelungssystem versagen sollte.

Jede Maschine, die eine Gefahr mit sich bringt, ist auf der Liste mit der jeweiligen Gefahrenart zu kennzeichnen. In dieser Phase ist nur die Identität und die Art der Gefahr relevant. Es mag verlockend sein, den Risikograd der Gefahr überschlägig zu beurteilen, doch sollte dies in einem separaten Prozess der Risikoabschätzung geschehen.

Risikoabschätzung

Dies ist der fundamentalste Aspekt der Sicherheit von Maschinen, und es gibt viele Wege, dieses Thema anzugehen. Die folgenden Seiten *(siehe Abbildung 22)* liefern einen einfachen, aber effektiven Ansatz und dienen zum Veranschaulichen der grundlegenden Prinzipien. Das Verfahren ist nach Bedarf zu ergänzen, um den Anforderungen der jeweiligen Situation Rechnung zu tragen. Es ist unabdingbar, dass das Verfahren verstanden und seine Wichtigkeit eingesehen wird.
Alle Maschinen, die Gefahren enthalten, stellen ein Risiko dar. Es ist wichtig, beschreiben zu können, wo das Risiko auf einer relativen Skala zwischen minimal und maximal einzuordnen ist. Auf den folgenden Seiten wird hierzu ein praxisgerechtes Verfahren vorgestellt. Es hat sich als einfach in der Anwendung erwiesen und bildet eine verlässliche Richtschnur, die zu einer logischen Vorgehensweise führt. Zunächst werden einige grundlegende Punkte betrachtet.

1. Die Risikoabschätzung muss immer dokumentiert werden.

Es ist verlockend, eine rein intuitive Beurteilung vorzunehmen. Diese mag oft auf Erfahrung beruhen, wird jedoch mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht alle notwendigen Überlegungen berücksichtigen, und ihre Inhalte können nicht überprüft oder an andere weitergeleitet werden.
Es ist nach einem logischen Arbeitskonzept vorzugehen. Die Ergebnisse müssen schriftlich festgehalten und von anderen Beteiligten überprüft werden.

2. Was versteht man unter „Risiko“?

Der Begriff „Risiko“ wird oft mit der Schwere eines Unfalls verwechselt. Sowohl die Schwere der potentiellen Verletzung UND die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens müssen berücksichtigt werden, um die Höhe des vorhandenen Risikos abzuschätzen.

3. Alle vorhersehbaren Faktoren müssen berücksichtigt werden.

Wie bei der Identifizierung der Gefahren ist es wichtig, alle Phasen der Nutzungsdauer einer Maschine zu berücksichtigen, einschließlich Montage, Inbetriebnahme, Wartung, Stillegung, bestimmungsgemäßer Gebrauch und Betrieb sowie die Folgen offensichtlicher Fehlverwendung oder Fehlfunktion.

RISIKO BEURTEILEN
Alle Maschinen im Arbeitsbereich identifizieren — dann für jede Maschine
relevante Informationen und Gutachten einholen
GRENZEN DER MASCHINE
Sind alle möglichen Betriebszustände und Einsatzsituationen der Maschine vorhersehbar?
NEIN
JA
GEFAHREN ERKENNEN
Jede denkbare Gefahrensituation erkennen
RISIKO ABSCHÄTZEN
Höhe des durch die Gefahr bedingten Risikos abschätzen
RISIKO MINDERN
RISIKO BEWERTEN
Ist die Höhe des Risikos akzeptabel?
NEIN
Der Gefahr durch Entwurfsänderung oder zusätzliche Maßnahmen begegnen
Wurden Sicherheitsmaßnahmen analysiert und als angemessen beurteilt?
NEIN
Feststellen, ob Wirkung und funktionale Eigenschaften der Sicherheitsmaßnahmen geeignet für die Maschine und ihr Einsatzprofil sind.
JA
ENDE DES PROZESSES
SICHERHEITSSTRATEGIE

Abbildung 22

4. Dieser Prozess muss wiederholt werden, doch Doppelarbeit ist vermeidbar.

Beispiel: Eine Maschine besitzt eine Schutztür mit Verriegelungssystem, das sich bei einer früheren Risikobewertung als ausreichend erwiesen hat. Vorausgesetzt, dass keine Änderungen vorgenommen werden, die sich auf die Schutztür und ihr Verriegelungssystem auswirken, ist bei zukünftigen Risikobeurteilungen kein Bedarf für weitere Maßnahmen zu erwarten, da das Risiko ausreichend gemindert (oder beseitigt) wurde.
Wenn aber die Maschine noch nie einer formellen Risikobeurteilung unterzogen wurde oder sich ihre Gebrauchsumstände geändert haben, kann nicht automatisch davon ausgegangen werden, dass die Schutztürverriegelung ausreichend ist. In diesem Fall sollte die Risikoabschätzung wiederholt werden, um die Eignung des Verriegelungssystems nachzuweisen.

Die auf den folgenden Seiten gegebenen Ratschläge zur Risikoabschätzung haben lediglich Empfehlungscharakter, da sowohl das letztendlich gewählte Verfahren als auch die individuellen Umstände möglicherweise eine andere Vorgehensweise erforderlich machen. ES HANDELT SICH LEDIGLICH UM EINE ALLGEMEINE RICHTLINIE ZUR FÖRDERUNG EINER SYSTEMATISCHEN UND DOKUMENTIERTEN VORGEHENSWEISE.

Der Abschnitt zum Thema Risikoabschätzung in der Norm EN 1050 „Grundsätze für Risikobeurteilung“ soll erläutert und ergänzt werden. Es werden die gleichen bewährten Grundsätze wie in der Norm angewendet, doch mit weniger Varianten in der ausgeführten Vorgehensweise. Dies spiegelt den starken Einfluss der Tatsache wider, dass es notwendig ist, ein Verfahren zu entwickeln, das unkompliziert und zuverlässig ist und den Maschinenbetreiber besonders bei der Auswahl von Schutzsystemen unterstützt.

Die folgenden Faktoren werden berücksichtigt:

1. SCHWERE DER POTENTIELLEN VERLETZUNG.
2. WAHRSCHEINLICHKEIT IHRES AUFTRETENS.
   Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens unterliegt zwei Faktoren:
   a – HÄUFIGKEIT DES AUFENTHALTS IM GEFAHRENBEREICH.
   b – WAHRSCHEINLICHKEIT EINER VERLETZUNG.

Als Ergebnis einer unabhängigen Betrachtung jedes Faktors werden diesen Faktoren die entsprechenden Werte zugeordnet.

Verwerten Sie Daten und Erfahrungswerte, die Ihnen zur Verfügung stehen. Es werden alle Nutzungsphasen einer Maschine behandelt, gründen Sie Ihre Entscheidungen also auf den ungünstigsten Fall.

Gehen Sie zum Zweck dieser Übung von einem Schutzsystem aus, das noch nicht appliziert wurde oder in einer Gefahrensituation versagt hat. Deshalb ist zum Beispiel der Maschinenantrieb möglicherweise nicht abgeschaltet, wenn eine Schutztür geöffnet wird, oder die Maschine läuft bei offener Schutztür unerwartet an.

1. Schwere der potentiellen Verletzung

Für diese Betrachtung wird davon ausgegangen, dass ein Unfall oder Störfall aufgetreten ist. Eine sorgfältige Untersuchung der Gefahr ergibt die schwerstmögliche Verletzung.

In diesem Beispiel wäre die schwerste Verletzung eine sog. „tödliche“ Verletzung.

In diesem Beispiel wäre die schwerste wahrscheinliche Verletzung sog. „schwere“ Verletzung, d.h. Prellung, Bruch, Fingeramputation oder Verletzung durch wegfliegenden Spannfutterschlüssel usw.

Abbildung 23

Merkpunkt: Hier wird davon ausgegangen, dass eine Verletzung unvermeidbar ist und es nur darum geht, die Schwere der Verletzung zu bewerten.

Die Schwere einer Verletzung wird eingestuft als:

- **TÖDLICH**
- **SEHR SCHWER:** (normalerweise irreversibel, d.h. mit bleibender Schädigung) dauerhafte Behinderung, Verlust des Augenlichts, Amputation von Gliedmaßen, Schädigung der Atemwege usw.
- **SCHWER**: (normalerweise reversibel, d.h. ohne bleibende Schädigung) Bewusstlosigkeit, Verbrennungen, Brüche usw.
- **LEICHT**: Prellungen, Schnitte, leichte Abschürfungen usw.

Abbildung 24

2a. Häufigkeit des Aufenthalts im Gefahrenbereich

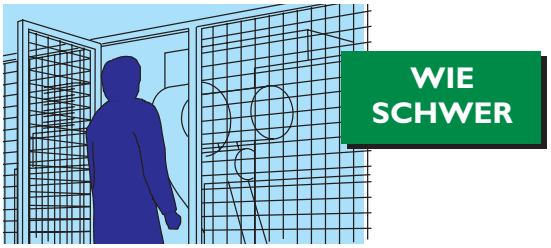


Abbildung 25

Die Häufigkeit des Aufenthalts im Gefahrenbereich lässt sich klassifizieren als:

- **HÄUFIG:** Mehrmals täglich.
- **GELEGENTLICH:** Täglich.
- **SELTEN:** Wöchentlich oder weniger.

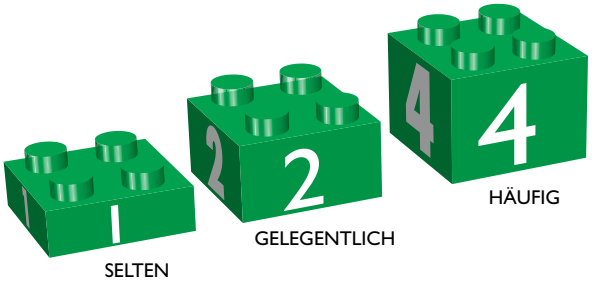
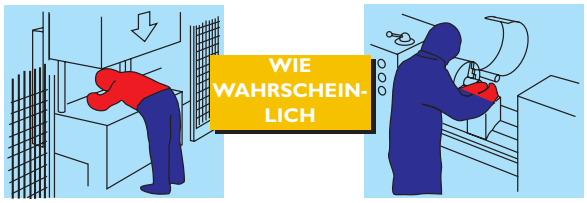


Abbildung 26: Werte werden wie oben zugeordnet

2b. Wahrscheinlichkeit einer Verletzung

Es ist davon auszugehen, dass der Bediener mit der gefährlichen Bewegung oder dem gefährlichen Prozess in Berührung kommt.



In diesem Beispiel ist die Wahrscheinlichkeit als „sicher“ zu betrachten, wegen der Körperteile im Gefahrenbereich und der hohen Arbeitsgeschwindigkeit der Maschine.

In diesem Beispiel ist die Wahrscheinlichkeit als „möglich“ zu betrachten, da minimaler Kontakt zwischen Gefahr und Bediener besteht. Es kann sein, dass der Bediener genügend Zeit hat, sich der Gefahr zu entziehen.

Abbildung 27

Durch Betrachten der Interaktion zwischen Bediener und Maschine und anderer Faktoren (z.B. Anlaufgeschwindigkeit) ist die Wahrscheinlichkeit einer Verletzung klassifizierbar als:

- Unwahrscheinlich
- Möglich
- Wahrscheinlich
- Sicher

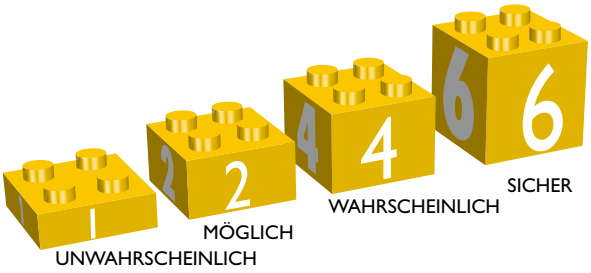


Abbildung 28: Werte werden wie oben zugeordnet

Allen Wahrscheinlichkeiten wird ein Wert zugeordnet, und die addierten Werte ergeben einen ersten Schätzwert.

Der nächste Schritt besteht darin, den ersten Schätzwert zu berichtigen, indem zusätzliche Faktoren betrachtet werden. Oft ist eine richtige Einstufung erst möglich, wenn die Maschine an ihrem endgültigen Standort installiert ist.

Abbildung 29
(Anmerkung: Dieses Bild hat keinen Bezug zu den vorherigen Beispielbildern)

Je nach Bauart und Einsatzprofil der Maschine gibt es möglicherweise andere relevante Faktoren, die aufzulisten und in dieser Phase zu betrachten sind, wie in Tabelle 1 gezeigt.

Typischer Faktor	Empfohlene Aktion
Mehrere Personen sind der Gefahr ausgesetzt.	Schwerefaktor mit der Anzahl der Personen multiplizieren.
Längere Zeit in der Gefahrenzone ohne vollständiges Freischalten der Energieversorgung.	Dauert der einzelne Zugang länger als 15 Minuten, 1 Punkt zum Häufigkeitsfaktor addieren.
Bediener ist unqualifiziert oder ungeschult.	Zum Gesamtergebnis 2 Punkte addieren.
Sehr lange Intervalle (z.B. 1 Jahr) zwischen Zugängen (Fehler können sich über längere Zeit entwickeln und unerkannt bleiben, besonders in Überwachungssystemen).	Eine dem größten Häufigkeitsfaktor entsprechende Punktzahl addieren.

Tabelle 1

Die Ergebnisse zusätzlicher Faktoren werden zu der vorher ermittelten Summe addiert *(siehe Abbildung 30).*

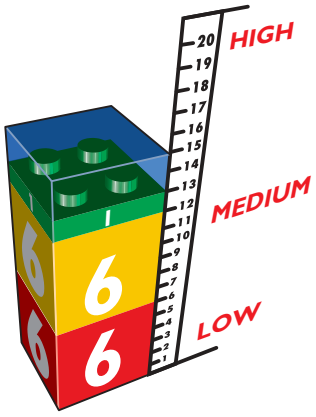


Abbildung 30

Risikominderung und Risikobewertung

Nun muss erneut jede Maschine mit ihren jeweiligen Risiken betrachtet werden, damit Maßnahmen gegen alle Gefahren ergriffen werden können.
Abschnitt 1.2.2(b) im ANNEX I der Maschinenrichtlinie erläutert drei Grundverfahren, die in der folgenden Reihenfolge anzuwenden sind:

- Risiko so weit wie möglich ausschalten oder verringern (eigensichere Auslegung und Konstruktion der Maschine),
- Notwendige Schutzmaßnahmen gegen Restrisiko ergreifen,
- Bediener über Defizite der ergriffenen Schutzmaßnahmen informieren, Bedarf für Schulung definieren und Verwendung persönlicher Schutzausrüstung vorschreiben.

Falls sich die Maschine noch in der Entwurfsphase befindet, lässt sich die Gefahr möglicherweise durch eine Entwurfsänderung beseitigen. Falls Entwurfsverfahren keine Antwort bieten, müssen andere Maßnahmen ergriffen werden.
Näheres zu den Arten der betrachteten Maßnahmen siehe Vorschrift 11 (2) HIERARCHIE DER MASSNAHMEN laut PUWER-Vorschriften (Provision und Use of Work Equipment Regulations 1992):

A. Feste, geschlossene Schutzvorrichtungen.
B. Bewegliche (verriegelte) Schutzvorrichtungen oder Schutzgeräte (Lichtvorhänge, Schaltmatten usw.).
C. Schutzeinrichtungen (Vorrichtungen, Halter, Tasthebel usw.): Bewirken beim Einlegen von Werkstücken, dass der Körper des Bedieners außerhalb der Gefahrenzone bleibt. Oft in Verbindung mit weiteren Schutzvorrichtungen angewendet.
D. Bereitstellung von Informationen, Anleitungen, Schulung und Beaufsichtigung.

Es ist wichtig, Bedienern sichere Arbeitsmethoden für eine Maschine durch Schulung zu vermitteln. Dies bedeutet nicht, dass die Maßnahmen (a), (b) oder (c) entfallen können. Es ist nicht akzeptabel, einem Bediener lediglich zu sagen, dass er sich gefährlichen Bereichen nicht nähern darf (als Alternative zum Schützen der gefährlichen Bereiche).

Persönliche Schutzausrüstung — Zusätzlich zu den obigen Maßnahmen kann es für den Bediener auch notwendig sein, sich mit Spezialhandschuhen, Schutzbrille, Atemschutz usw. auszurüsten. Der Maschinenkonstrukteur muss angeben, welche Art von Ausrüstung erforderlich ist. Die Verwendung persönlicher Schutzausrüstung stellt normalerweise nicht das Hauptschutzverfahren dar, ergänzt aber die oben beschriebenen Maßnahmen.

Jede Maßnahme der Schutzhierarchie muss von oben her in Erwägung gezogen und angewendet werden, wo es möglich ist. Dies kann zu einer Kombination von Maßnahmen führen.

Ist kein Zugang zu gefährlichen Bereichen erforderlich, besteht die Lösung darin, fest montierte und geschlossene Schutzvorrichtungen anzubringen.

Ist Zugang erforderlich, ist eine Lösung schwieriger zu finden. Es muss sichergestellt werden, dass ein Zugang nur möglich ist, während sich die Maschine in einem sicheren Zustand befindet. Schutzmaßnahmen wie verriegelte Schutztüren und/oder Auslösesysteme sind erforderlich. Die Wahl des Schutzgeräts oder Schutzsystems wird stark durch die Betriebseigenschaften der

Maschine beeinflusst. Dies ist äußerst wichtig, denn ein Schutzsystem, das die Effizienz der Maschine beeinträchtigt, ist anfällig für Versuche, den Schutz zu entfernen oder zu umgehen.

Die Sicherheit der Maschine hängt in diesem Fall von der richtigen Anbringung **und** der korrekten Funktion des Schutzsystems selbst unter Fehlerbedingungen ab. Erst dann verfügt die Anwendung über ein geeignetes Schutzsystem.

Jetzt muss die korrekte Funktion des Systems betrachtet werden. Für jede Art von Schutzsystem besteht die Wahl zwischen Technologien mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit hinsichtlich der Überwachung, Erkennung und Vermeidung von Fehlern.

Im Idealfall wäre jedes Schutzsystem perfekt, und Fehler, die zu gefährlichen Zuständen führen, wären ausgeschlossen. In Wirklichkeit gibt es jedoch Grenzen des Wissens und des Materials. Ein weiteres sehr reales Hindernis sind natürlich die Kosten. Anhand dieser Faktoren wird offensichtlich, dass die Verhältnismäßigkeit gewahrt bleiben muss. Es wäre übertrieben, für eine Maschine, die im schlimmsten Fall leichte Hautabschürfungen verursacht, und für ein System, das ein Passagierflugzeug in der Luft hält, den gleichen Maßstab für die Funktionssicherheit der Schutzsysteme anzulegen. Die Folgen eines Ausfalls wären sehr unterschiedlich, und deshalb muss es eine Möglichkeit geben, den Umfang der Schutzmaßnahmen mit der Höhe des im Rahmen der Risikoabschätzung ermittelten Risikos ins Verhältnis zu setzen.

Unabhängig davon, welche Art von Schutzsystem gewählt wird, ist zu bedenken, dass ein „sicherheitsgerichtetes System“ eine Vielzahl von Elementen umfassen kann, einschließlich Schutzgerät, Verdrahtung, Leistungsschaltgerät und manchmal Teile der Maschinensteuerung. Alle Elemente des Systems (einschließlich Schutzvorrichtungen, Befestigung, Verdrahtung usw.) müssen geeignete Leistungsmerkmale hinsichtlich Entwurfsprinzip und Technologie aufweisen. Die Norm ISO 13849-1 definiert verschiedene Kategorien für sicherheitsgerichtete Teile von Steuerungen. Der nächste Abschnitt enthält nähere Informationen zu diesem Thema.

Einer der häufigsten Irrtümer ist der Glaube, dass ein hohes Risiko immer direkt mit einer hohen Kategorie gleichzusetzen ist. Das nächste Kapitel zeigt, dass dies nicht immer zutrifft.

Das Diagramm in *Abbildung 31* zeigt einen dokumentierten Prozess zum Bewerten sämtlicher Sicherheitsaspekte der eingesetzten Maschinen. Es handelt sich um einen Leitfaden für Maschinennutzer, doch auch Hersteller oder Lieferanten von Maschinen können das gleiche Prinzip anwenden, um nachzuweisen, dass alle Arbeitsmittel bewertet wurden. So entsteht eine Datenbasis für detailliertere Berichte zur Risikobeurteilung.

Aus den Daten geht hervor, wo eine Maschine das CE-Zeichen trägt. Der Prozess wird vereinfacht, da bereits der Hersteller die Maschinengefahren bewertet und alle notwendigen Maßnahmen ergriffen hat. Selbst bei Maschinen, die das CE-Zeichen tragen, bestehen möglicherweise noch Gefahren, die durch die Art der Anwendung oder die verarbeiteten Materialien bedingt sind und die der Hersteller nicht vorausgesehen hat.

Company - MAYKIT WRIGHT LTD
Facility - Tool room - East Factory.
Date - 8/29/95
Operator profile - Apprentice/Fully skilled.

Equipment Identity & Date	Directive Conformity	Risk Assessment Report Number	Accident History	Notes	Hazard Identity	Hazard Type	Action Required	Implemented and Inspected - Reference
Bloggs center lathe. Serial no. 8390726 Installed 1978	None claimed	RA302	None	Electrical equipment complies with BS EN 60204 E-Stops fitted (replaced 1989)	Chuck rotation with guard open	Mechanical Entanglement Cutting	Fit guard interlock switch	11/25/94 J Kershaw Report no 9567
					Cutting fluid	Toxic	Change to non toxic type	11/30/94 J Kershaw Report no 9714
					Swarf cleaning	Cutting	Supply gloves	11/30/94 J Kershaw Report no 9715
Bloggs turret head milling m/c Serial no 17304294 Manuf 1995 Installed May 95	M/c Dir. EMC Dir	RA416	None		Movement of bed (towards wall)	Crushing	Move machine to give enough clearance	4/13/95 J Kershaw Report no 10064

Abbildung 31

Sicherheitsgerichtete Steuerungen

Was ist eine sicherheitsgerichtete Steuerung oder abgekürzt SRCS? Es handelt sich um den Teil der Steuerung einer Maschine, der das Auftreten gefährlicher Zustände verhindert. Das System kann separat ausgeführt oder in die normale Maschinensteuerung integriert sein.

Die Komplexität reicht von typischen einfachen Systemen (z.B. Schutztür-Verriegelungsschalter und Not-Aus-Schalter in Reihe geschaltet mit der Steuerspule eines Leistungsschützes) bis zu Verbundsystemen, in denen sowohl einfache als auch komplexe Geräte mittels Software und Hardware kommunizieren.

Das System muss unter allen vorhersehbaren Bedingungen korrekt funktionieren, damit die Sicherheitsfunktion gewährleistet bleibt.

Wie wird ein System ausgelegt, um dies zu erreichen? Wie wird die richtige Auslegung nachgewiesen?

Die Norm ISO 13849-1 „Sicherheitsgerichtete Teile von Steuerungen“ behandelt diese Gesichtspunkte. Die Norm definiert fünf Bewertungskategorien für das Leistungsvermögen sicherheitsgerichteter Steuerungen (*siehe Abbildung 32* mit einer Übersicht dieser Kategorien).

Anmerkung 1: Kategorie B weist selbst keine besonderen Maßnahmen für die Sicherheit auf, bildet jedoch die Grundlage für die übrigen Kategorien.

Anmerkung 2: Mehrfachfehler, die durch eine gemeinsame Ursache entstanden sind, oder unvermeidbare Folgen des ersten Fehlers sind als einzelne Fehler zu zählen.

Anmerkung 3: Die Fehleruntersuchung kann auf zwei Fehler in Kombination begrenzt werden (wenn dies gerechtfertigt werden kann), doch bei komplexen Schaltungen (z.B. Mikroprozessoren) sind möglicherweise mehr Fehler in Kombination zu betrachten.

Wie wird entschieden, welche Kategorie notwendig ist? Um diese Anforderungen in eine Spezifikation für den Systementwurf zu übersetzen, müssen die grundlegenden Anforderungen gedeutet werden.

Es ist ein häufiges Missverständnis, dass Kategorie 1 einen Mindestschutz und Kategorie 4 den besten Schutz bietet. *Dies ist nicht der hinter den Kategorien stehende Gedanke.* Die Kategorien sind als Bezugspunkte gedacht, die das funktionale Leistungsvermögen verschiedener sicherheitsgerichteter Steuerungen und ihrer Bestandteile beschreiben.

Kategorie 1 zielt auf die VERMEIDUNG von Fehlern ab. Erreicht wird dies durch geeignete Gestaltungsgrundsätze, Komponenten und Materialien. Einfachheit von Prinzip und Konstruktion in Verbindung mit gleichbleibenden und vorhersagbaren Materialeigenschaften sind die Schlüssel zu dieser Kategorie.

Die Kategorien 2, 3 und 4 fordern, dass Fehler erkannt (und geeignete Maßnahmen ergriffen) werden müssen, wenn Fehler nicht vermeidbar sind. Überwachung und Überprüfung sind die Schlüssel zu diesen Kategorien. Das übliche (aber nicht das einzige) Überwachungsverfahren besteht in doppelter Ausführung sicherheitskritischer Funktionen (d.h. Redundanz) mit Vergleichsoperationen.

Zusammenfassung der Anforderungen	Systemverhalten	Prinzip
KATEGORIE B (siehe Anmerkung 1) - Sicherheitsgerichtete Teile von Maschinensteuerungen und/oder ihre Schutzeinrichtungen sowie ihre Komponenten müssen in Übereinstimmung mit den zutreffenden Normen so gestaltet, konstruiert, ausgewählt, zusammengestellt werden, dass sie den zu erwartenden Einflüssen standhalten können.	Wenn ein Fehler auftritt, kann es zum Verlust der Sicherheitsfunktion kommen.	Auswahl der Komponenten (gerichtet auf VERMEIDUNG von Fehlern)
KATEGORIE 1 - Es gelten die Anforderungen der Kategorie B in Verbindung mit dem Einsatz bewährter Sicherheitskomponenten und Sicherheitsgrundsätze.	Wie bei Kategorie B beschrieben, doch mit höherer sicherheitsgerichteter Zuverlässigkeit der sicherheitsgerichteten Funktion (je höher die Zuverlässigkeit, desto geringer die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers).	
KATEGORIE 2 - Es gelten die Anforderungen der Kategorie B und bewährte Sicherheitsgrundsätze. - Prüfung der Sicherheitsfunktion(en) bei Anlauf der Maschine und regelmäßige Prüfung durch die Maschinensteuerung. Bei Erkennung eines Fehlers wird ein sicherer Zustand eingenommen. Falls dies nicht möglich ist, wird eine Warnung ausgegeben.	Verlust der Sicherheitsfunktion wird durch die Prüfung erkannt. Auftreten eines Fehlers kann zu Verlust der Sicherheitsfunktion zwischen Prüfintervallen führen.	Durch Struktur (gerichtet auf ERKENNUNG von Fehlern)
KATEGORIE 3 (siehe Anmerkungen 2 und 3) - Es gelten die Anforderungen der Kategorie B und bewährte Sicherheitsgrundsätze. - Das System ist so zu gestalten, dass ein einzelner Fehler in einem Teil nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt.	Wenn der einzelne Fehler auftritt, wird die Sicherheitsfunktion immer ausgeführt. Es werden nicht alle Fehler erkannt. Eine Häufung unerkannter Fehler kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.	
KATEGORIE 4 (siehe Anmerkungen 2 und 3) - Es gelten die Anforderungen der Kategorie B und bewährte Sicherheitsgrundsätze. - Das System ist so zu gestalten, dass ein einzelner Fehler in einem Teil nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt. - Der einzelne Fehler wird erkannt, wenn oder bevor die nächste Anforderung der Sicherheitsfunktion erfolgt. Falls diese Erkennung nicht möglich ist, darf eine Fehlerhäufung nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.	Wenn die Fehler auftreten, wird die Sicherheitsfunktion immer ausgeführt. Die Fehler werden rechtzeitig erkannt, um Verlust von Sicherheitsfunktionen zu vermeiden.	

Abbildung 32

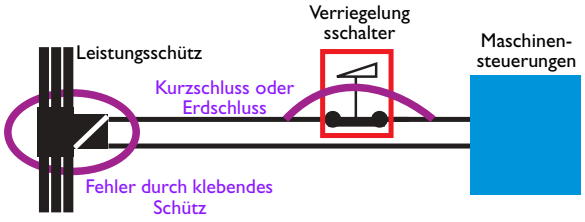


Abbildung 33

Das Beispiel in *Abbildung 33* ist ein einfaches System bestehend aus einem Schutztür-Verriegelungsschalter, der mit der Steuerspule eines Leistungsschützes in Reihe geschaltet ist.

Welche Kategorien sind am besten geeignet, wenn vollkommene Zuverlässigkeit ohne die Möglichkeit eines gefährlichen Ausfalls angestrebt wird?

Welche Kategorie (*siehe Abbildung 32*) ist am besten geeignet? Vermeidung von Fehlern oder Erkennung von Fehlern?

Der erste Schritt besteht darin, das System in seine Hauptkomponenten zu zerlegen und die möglichen Ausfallmöglichkeiten zu analysieren.

Sicherheitsgerichtete Steuerungen

Die Systemkomponenten sind in diesem Beispiel:

1. Verriegelungsschalter.
2. Schütz.
3. Verdrahtung.

Der Verriegelungsschalter ist ein mechanisches Gerät. Es erfüllt eine einfache Aufgabe — Öffnen der Kontakte beim Öffnen einer Schutztür. Das Gerät entspricht den Anforderungen von Kategorie 1, und durch Anwendung der richtigen Gestaltungsgrundsätze und Werkstoffe kann gewährleistet werden, dass es bei Einsatz innerhalb der angegebenen Betriebsparameter nicht zu einem gefährlichen Ausfall des Geräts kommt. Dies wird durch die Tatsache ermöglicht, dass das Gerät relativ einfach aufgebaut ist und vorhersagbare und nachweisbare Eigenschaften aufweist.

Das Schütz ist ein etwas komplexeres Gerät, und es besteht die theoretische Möglichkeit eines Ausfalls. Schütze von renommierten Herstellern sind äußerst zuverlässige Geräte. Statistiken zeigen, dass Ausfälle selten sind und sich normalerweise auf unsachgemäße Installation oder mangelhafte Wartung zurückführen lassen.

Schütze sind in jedem Fall mit Überstrom-Abschaltgeräten zu kombinieren, um ein Verschweißen der Arbeitsstromkontakte zu verhindern.

Schütze müssen einem Prüfprogramm unterliegen, damit übermäßige Kontaktabfressungen oder lose Anschlüsse, die zu Überhitzung und Verzug führen können, erkannt werden.

Es muss geprüft werden, ob das Schütz die relevanten Normen für die geforderten Eigenschaften und Einsatzbedingungen erfüllt.

Indem auf diese Faktoren geachtet wird, ist es möglich, die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls zu minimieren. In einigen Situationen ist selbst dies nicht ausreichend. Um das Sicherheitsniveau anzuheben, muss mit Redundanz und Überwachung gearbeitet werden.

Die Verdrahtung der Komponente muss ebenfalls betrachtet werden. Unerkannte Kurzschlüsse und Erdschlüsse können zu gefährlichen Situationen führen, doch durch sachgerechte Planung und Installation nach Normen wie IEC/EN 60204 wird eine starke Verringerung der Ausfallwahrscheinlichkeit erreicht.

Dieses System bietet ein erhebliches Sicherheitsniveau, das für viele Situationen ausreichend ist. Aus den obigen Ausführungen ist deutlich geworden, dass sowohl das Schütz als auch die Verdrahtung für Fehler anfällig sind, wobei ein Fehler zwar unwahrscheinlich, aber theoretisch möglich ist. In manchen Fällen ist es möglich, durch Vorsichtsmaßnahmen (z.B. hinsichtlich Kabelschutz und Kabelverlegung) alle Fehlerquellen zu eliminieren. Falls dies nicht machbar ist, sind normalerweise Techniken der Kategorien 2, 3 und 4 wie Redundanz und Überwachung sinnvoller und kostengünstiger.

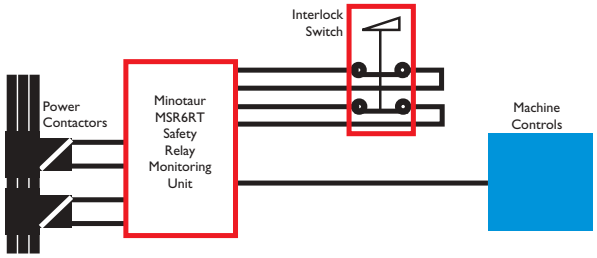


Abbildung 34

Abbildung 34 zeigt ein System, das die Anforderungen von Kategorie 3 erfüllt. Ein Sicherheits-Überwachungsrelais vom Typ Guardmaster MINOTAUR MSR6RT wird zum Überwachen eines zweikanaligen Steuerstromkreises eingesetzt. Jeder einzelne Fehler in Verdrahtung oder Schützen wird bei der nächsten Anforderung der Sicherheitsfunktion durch das Minotaur-Sicherheitsrelais erkannt.
ANMERKUNG: Auch der jetzt zweipolig ausgeführte Verriegelungsschalter ist ein **Gerät** der Kategorie 1, aber Teil eines **Systems** der Kategorie 3.

Die nächste Frage ist, wann und in welchem Umfang solche Maßnahmen ergriffen werden müssen.

Die einfache Antwort ist, auf die Ergebnisse der Risikobeurteilung zu verweisen. Dies ist zwar der richtige Ansatzpunkt, doch müssen alle Faktoren betrachtet werden und nicht nur die Höhe des Risikos an der Gefahrenstelle. Beispielsweise wäre es denkbar, dass die Risikoabschätzung ein hohes Risiko ergibt, und in diesem Fall müsste der Verriegelungsschalter redundant ausgeführt und überwacht werden. Doch in vielen Situationen wird dieses Gerät aufgrund seiner Anwendung, Auslegung und Einfachheit keinen gefährlichen Ausfall verursachen, und es gibt keine unerkannten Fehler, die überwacht werden müssten.

Die angewendete Kategorie hängt sowohl von der Risikobeurteilung als auch von der Beschaffenheit und Komplexität des Geräts oder Systems ab. In einem Gesamtsystem, das beispielsweise die Anforderungen von Kategorie 3 erfüllt, können Geräte der Kategorie 1 enthalten sein.

Falls die Möglichkeit von Fehlern besteht, gilt: je höher das Risiko (ermittelt in der Risikoabschätzung), desto eher sind Maßnahmen zum Vermeiden oder Erkennen von Fehlern gerechtfertigt. Die Kategorie ist so zu wählen, dass hierzu das am besten geeignete und wirksamste Verfahren zur Anwendung kommt. Demnach ist die Risikoabschätzung ein Faktor, doch auch die Art des Schutzgeräts oder Schutzsystems und die Betriebseigenschaften der Maschine müssen berücksichtigt werden.

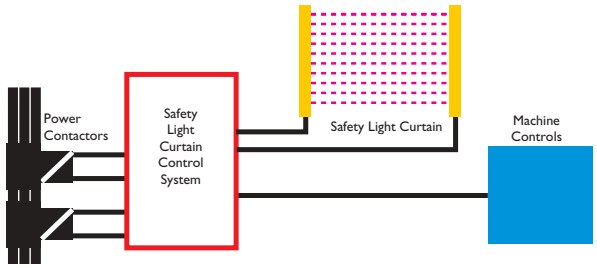


Abbildung 35

Abbildung 35 zeigt die gleiche Grundschaltung, doch wurde der Verriegelungsschalter durch einen Sicherheits-Lichtvorhang ersetzt.

Der Sicherheits-Lichtvorhang ist ein komplexes Gerät. Selbst in seiner einfachsten Form besitzt er eine relativ große Anzahl elektronischer Komponenten einschließlich integrierter Schaltkreise. Anspruchsvollere Ausführungen (mit mehr Leistungsmerkmalen) erfordern möglicherweise auch programmierbare Geräte und Software.

Vorhersehen und Vermeiden aller gefährlichen Fehler in einem elektronischen, aber nicht programmierbaren Gerät wäre eine gewaltige Aufgabe und bei einem programmierbaren Gerät praktisch unmöglich. Deshalb muss akzeptiert werden, dass Fehler möglich sind. Die beste Gegenmaßnahme besteht in der Fehlererkennung und im Einsatz der notwendigen Schutzfunktion (z.B. Ausschaltung und Übergang in einen sicheren Zustand). Es wird also ein Gerät benötigt, das die Anforderungen der Kategorien 2, 3 oder 4 erfüllt. Mit einer einfachen Schaltung wie in Abbildung 35 überwacht der Lichtvorhang auch Verdrahtung und Schütze. Da alle Lichtvorhänge relativ komplex sind, richtet sich die Wahl der Kategorien normalerweise ausschließlich nach den Ergebnissen der Risikobeurteilung. Dies schließt nicht aus, dass mit einer anderen Kategorie gearbeitet werden kann, falls ein Gerät einen unkonventionellen, aber brauchbaren Ansatz bietet.

Die beiden letzten Beispiele zeigen, dass der **gleiche** Schutzgrad durch zwei Arten von Systemen mit Geräten **verschiedener** Kategorien erreichbar ist.

Weitere Überlegungen und Beispiele

Dieser Abschnitt enthält Beispiele sicherheitsgerichteter Steuerstromkreise mit Hinweisen auf empfohlene Ausführungsregeln und die entsprechenden sicherheitsgerichteten Steuerungskategorien.

Allgemeine Anforderungen

Das System muss den zu erwartenden Einflüssen standhalten. Diese umfassen Temperatur, Umwelteinflüsse, Leistungslast, Einsatzhäufigkeit, Störeinkoppelungen, Schwingungen usw. Die Norm IEC 60204-1 „Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Allgemeine Anforderungen“ enthält ausführliche Spezifikationen zu den Themen Berührungsschutz, Verdrahtung, Isolierung, Potentialausgleich, Geräte, Netzteile, Steuerstromkreise, Steuerfunktionen usw. Jeder, der sich mit Entwurf und Wartung sicherheitsrelevanter Steuerungen befasst, sollte diese Norm kennen.

Stromkreis und Überwachungs-Sicherheitsrelais

Die folgenden Beispiele basieren auf der Installation eines Verriegelungsschalters, doch das gleiche Prinzip ist auch auf andere Schaltgeräte (z.B. Not-Aus oder Auslösevorrichtungen) anwendbar.

Kategorie 1

Abbildung 36 zeigt einen einfachen sicherheitsgerichteten Steuerstromkreis. Das Verriegelungsgerät arbeitet mit Zwangsbetätigung und erfüllt die Anforderungen von Kategorie 1. Das Schütz ist für seine Aufgabe korrekt gewählt und nach bestimmten Normen ausgelegt und hergestellt. Das für einen Fehler anfälligste Teil des Systems ist die Verdrahtung. Um diesen Schwachpunkt zu beseitigen, ist die Verdrahtung in Übereinstimmung mit den zutreffenden Bestimmungen der Norm IEC 60204-1 zu installieren. Die Kabel sind auf eine Weise zu verlegen und zu schützen, dass vorhersehbare Kurzschlüsse oder Masseschlüsse vermieden werden. Dieses System erfüllt die Anforderungen von Kategorie 1.

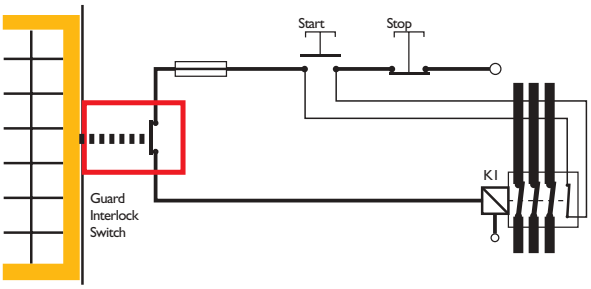


Abbildung 36

Abbildung 37 zeigt eine etwas komplexere Schaltung. In diesem Fall muss das Verriegelungsgerät mehrere Schütze schalten, und jedes Schütz steuert einen anderen Arbeitsstromkreis. Für die Einzelteile gelten die gleichen Anforderungen.

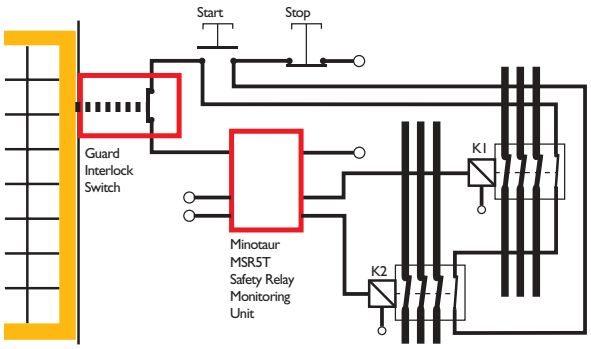


Abbildung 37

Für eine nicht sicherheitsgerichtete Schaltung könnte ein normales Relais zum „Teilen“ desSignals verwendet werden, doch wo es um Sicherheit geht, ist dies nicht akzeptabel, da die Kontakte normaler Relais kleben können (was manchmal auch vorkommt). Deshalb wird ein Überwachungs-Sicherheitsrelais wie das Guardmaster MINOTAUR MSR5T verwendet, um sicheres Schalten zu gewährleisten. Dieses System erfüllt die Anforderungen von Kategorie 1.

Kategorie 2

Abbildung 38 zeigt ein System, das die Anforderungen von Kategorie 2 erfüllt und daher einen Test der Sicherheitsfunktion bestehen muss, bevor die Maschine eingeschaltet werden kann. Zusätzlich muss dass System in regelmäßigen Intervallen getestet werden. Beim ersten Einschalten lässt das Minotaur-Sicherheitsrelais die Aktivierung des Schützes erst dann zu, nachdem die Schutzvorrichtung einmal geöffnet und geschlossen wurde. Dies veranlasst eine Prüfung auf Einzelfehler im Stromkreis zwischen Schalter und Minotaur. Erst wenn diese Prüfung erfolgreich bestanden ist, wird das Schütz aktiviert. Auch bei jeder folgenden Betätigung der Schutzvorrichtung wird der Stromkreis in ähnlicher Form geprüft.

Weitere Überlegungen und Beispiele

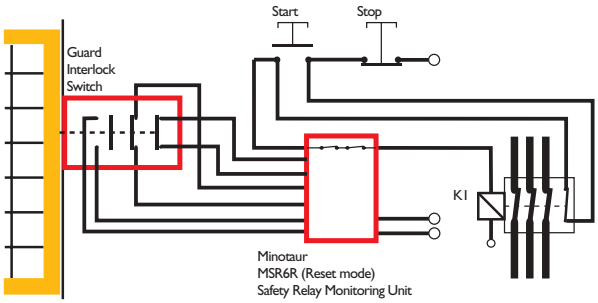


Abbildung 38

Kategorie 3

Abbildung 39 zeigt ein System, das die Anforderungen von Kategorie 3 erfüllt und oft für Applikationen mit höheren Risikoabschätzungen geeignet ist. Es handelt sich um ein Zweikanalsystem, das vollständig überwacht wird, einschließlich der beiden Schütze. Beim Öffnen und Schließen der Schutzvorrichtung bewirkt ein einziger gefährlicher Fehler, dass die Speisespannung der Schütze vom Minotaur-Sicherheitsrelais solange blockiert wird, bis der Fehler behoben und das Minotaur zurückgesetzt ist.

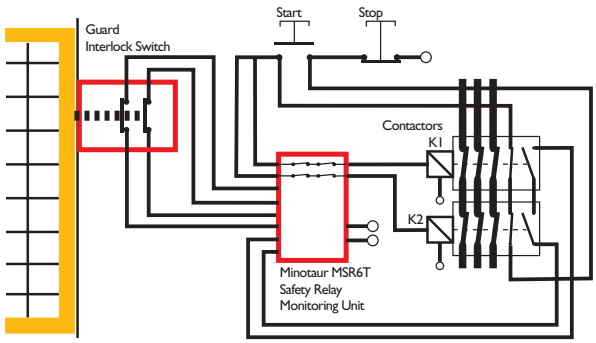


Abbildung 39

Kategorie 4

Kategorie 4 fordert, dass die Funktion des Sicherheitssystems auch bei einer Häufung unerkannter Fehler noch gewährleistet ist. Die gängigste Lösung hierfür sind Schaltungen, die mit Dauerüberwachung oder häufiger Überwachung arbeiten. Mit den meisten mechanischen oder elektromechanischen Komponenten (z.B. mechanische Schalter, Relais, Schütze), wie sie in Verriegelungen und Not-Aus-Systemen eingesetzt werden, ist dies nicht machbar.
Diese Techniken sind dazu geeignet (und werden oft dazu verwendet), elektronische Komponenten zu überwachen, da häufige Zustandsänderungen möglich sind und die Lebensdauer der Komponente nicht beeinträchtigt wird. Deshalb ist der Ansatz nach Kategorie 4 oft in autonomen Teilsystemen wie Lichtvorhängen zu finden.

Programmierbare elektronische Systeme

In den oben gezeigten sicherheitsgerichteten Schaltungen ist das Schutzgerät direkt an ein oder mehrere Schütz(e) angeschlossen, wobei Kabelverbindungen und einfach oder vollständig überwachte elektromechanische Geräte verwendet werden. Dies ist das empfohlene Verfahren der „Festverdrahtung“. Ihre Einfachheit ist gleichbedeutend mit Zuverlässigkeit und relativ leichter Überwachbarkeit. Zunehmend wird die Steuerung der normalen Betriebsabläufe von Maschinen durch programmierbare Geräte übernommen. Mit den Fortschritten in der Technologie können programmierbare und komplexe elektronische Steuerungen als das Zentralnervensystem vieler Maschinen betrachtet werden. Jedes Geschehen in der Steuerung wirkt sich auf die Maschine aus und umgekehrt. Wird eine Maschine durch andere Einwirkungen als Steuerbefehle zum Stillstand gebracht, kann es zu schwerer Beschädigung von Werkzeugen und Maschine kommen, außerdem zu Verlust oder Beschädigung von Programmen. Es ist auch möglich, dass sich die Maschine beim Neustart unvorhersehbar verhält, weil die Abfolge der Steuerbefehle durcheinandergeraten ist. Leider bringt die Komplexität der meisten programmierbaren elektronischen Systeme zu viele Ausfallarten mit sich, um ihnen allein das Stillsetzen der Maschine auf den Befehl einer Schutztürverriegelung oder eines Not-Aus-Tasters zu überlassen.

Anders ausgedrückt: Stillsetzen ohne Beschädigung der Maschine ODER sicheres Stillsetzen — ABER NICHT BEIDES. Drei Lösungen werden unten vorgestellt:

1. Sicherheitsgerichtete programmierbare Systeme
   Theoretisch ist es möglich, ein programmierbares System so auszulegen, dass es eine genügend hohe Funktionssicherheit für sicherheitsgerichteten Einsatz aufweist. In der Praxis wird dies durch besondere Maßnahmen wie Redundanz und Diversität mit Querüberwachung der Funktionseinheiten erreicht. In manchen Fällen mag dies eine Option sein, doch dann müssen diese besonderen Maßnahmen auf alle Aspekte ausgedehnt werden, einschließlich der Entwicklung der Software.

   Die grundlegende Frage ist: Lässt sich sicherstellen, dass keine (oder ausreichend wenige) Ausfälle auftreten werden? Eine vollständige Analyse des Ausfallverhaltens kann selbst bei relativ einfachen programmierbaren Geräten übermäßig zeitaufwendig und teuer oder sogar unmöglich sein.

   Die Norm IEC 61508 behandelt dieses Thema sehr ausführlich. Wer sich mit sicherheitsgerichteten programmierbaren Systemen befasst, sollte diese Norm durcharbeiten.

   Die Entwicklungskosten solcher Systeme lassen sich für Anwendungen rechtfertigen, bei denen diese Systeme erhebliche Vorteile haben oder bei denen kein anderes Verfahren funktioniert.
2. Überwachungsgerät mit zeitverzögertem Umgehungsbefehl *(siehe Abbildung 40)*. Dieses System hat die hohe Funktionssicherheit der Festverdrahtung und erlaubt ebenso eine korrekte Ausschaltsequenz, die Maschine und Programm schützt.

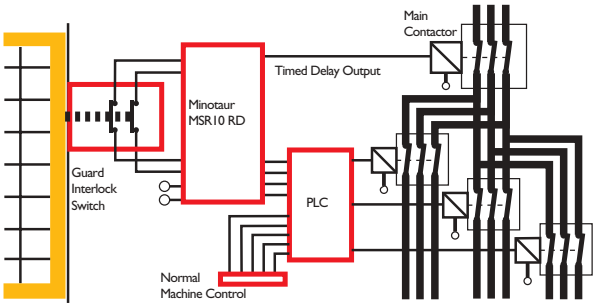


Abbildung 40

Die Hauptausgänge des Guardmaster MINOTAUR MSR10RD sind mit Eingängen am programmierbaren Gerät (z.B. SPS/PLC) verbunden, während die zeitverzögerten Ausgänge mit dem Schütz verbunden sind. Wenn der Verriegelungsschalter der Schutzvorrichtung betätigt wird, schalten die Hauptausgänge am Minotaur sofort. Das programmierbare System veranlasst daraufhin eine korrekt ablaufende Ausschaltsequenz. Nachdem eine hierfür ausreichende Zeit verstrichen ist, schaltet der verzögerte Ausgang am Minotaur und trennt das Hauptschütz.

Die Produktfamilie Guardmaster kann mit verschiedenen Schutzgeräten kombiniert werden und ist auch mit anderen Konfigurationen und Schaltanordnungen lieferbar, um den Anforderungen des jeweiligen Systems gerecht zu werden.

Anmerkung: Berechnungen zum Bestimmen der Gesamtanhaltezeit müssen die Verzögerungszeit des Minotaur berücksichtigen. Dies ist besonders wichtig, wenn dieser Faktor die Anordnung von Geräten gemäß Norm EN 999 bestimmt.

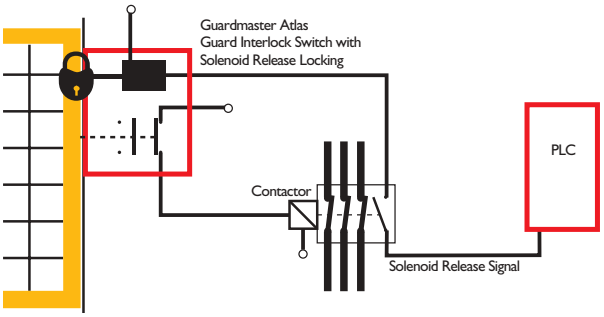


Abbildung 41

3. SPS-gesteuerte Schutzverriegelungsgeräte *(siehe Abbildung 41).* Auch dieses System bietet die hohe Funktionssicherheit der Festverdrahtung kombiniert mit der Fähigkeit, eine korrekte Ausschaltsequenz ablaufen zu lassen. Das System kann jedoch nur angewendet werden, wenn der Gefahrenbereich mit einer Schutzvorrichtung versehen ist.

   Um Öffnen der Schutztür zu ermöglichen, muss der Elektromagnet des Guardmaster ATLAS ein Freigabesignal von der SPS erhalten. Dieses Signal wird erst nach Abarbeitung einer Ausschaltbefehlsfolge gegeben. Dies stellt sicher, dass kein Werkzeugschaden oder Programmverlust eintritt. Wenn der Elektromagnet aktiviert ist, kann die Tür geöffnet werden. Daraufhin trennen die Steuerstromkontakte am ATLAS das Maschinenschütz.

   Bei nachlaufenden Maschinen oder unerwünschten Freigabesignalen kann es notwendig sein, in Verbindung mit der SPS das Zeitverzögerungsgerät Guardmaster CU1 oder das Bewegungserkennungsgerät CU2 einzusetzen (für diese Applikation eignen sich Guardmaster Atlas oder TLS-GD2).

Weitere Überlegungen

Wiederanlauf von Maschinen

Wenn beispielsweise eine verriegelte Schutztür an einer laufenden Maschine geöffnet wird, stoppt der Sicherheits-Verriegelungsschalter die Maschine. In den meisten Fällen ist es eine zwingende Notwendigkeit, dass die Maschine nicht sofort nach dem Schließen der Schutztür wieder anläuft. Ein übliches Verfahren, dies zu erreichen, ist Anlauf mit selbsthaltendem Schütz, siehe *Abbildung 42*. Hier dient eine verriegelte Schutztür als Beispiel, doch die Anforderungen gelten auch für andere Schutzgeräte und Not-Aus-Systeme.

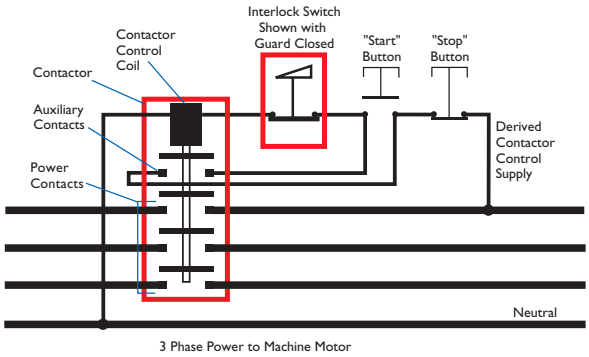


Abbildung 42

Kurzes Drücken des Starttasters aktiviert die Steuerspule im Schütz, wodurch die Arbeitsstromkontakte schließen. Solange Strom über die Arbeitsstromkontakte fließt, bleibt die Steuerspule durch die mechanisch mit den Arbeitsstromkontakten verbundenen Hilfskontakte des Schützes erregt (elektrisch gerastet). Bei Unterbrechung der Hauptspannung oder Steuerspannung wird die Spule stromlos, und die Arbeitsstrom- und Hilfskontakte öffnen. Die Verriegelung der Schutztür ist im Steuerstromkreis des Schützes verdrahtet. Dies bedeutet, dass Wiederanlauf nur möglich ist, wenn die Schutztür geschlossen und die Maschine anschließend mit dem normalen Einschaltknopf in Betrieb gesetzt wird. Dadurch wird das Schütz zurückgestellt, und die Maschine läuft wieder an.

Die Anforderung für normale Verriegelungssituationen regelt ISO 12100-1, Absatz 3.22.4 (Auszug):

> *Bei geschlossener Schutzvorrichtung sind die von der Schutzvorrichtung abgedeckten gefährlichen Maschinenfunktionen betriebsfähig, doch Schließen der Schutzvorrichtung selbst darf nicht die Maschine in Betrieb setzen.*

Viele Maschinen besitzen bereits Einfach- oder Doppelschütze, die wie oben beschrieben funktionieren (oder besitzen ein System, mit dem das gleiche Ergebnis erreicht wird). Beim Nachrüsten einer Verriegelung an vorhandenen Maschinen ist zu prüfen, ob die Steueranordnung für den Arbeitsstrom dieser Anforderung entspricht. Gegebenenfalls sind zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen.

Rückstellfunktionen

Die Minotaur-Sicherheitsrelais sind für überwachte manuelle Rückstellung oder automatische/manuelle Rückstellung ausgelegt.

Überwachte manuelle Rückstellung

Eine **überwachte manuelle Rückstellung** erfordert Schließen und Öffnen eines Stromkreises, nachdem die Tür geschlossen oder das Not-Aus-Schaltgerät zurückgesetzt wurde. Abbildung 43 zeigt die typische Konfiguration eines Rückstellschalters im Ausgangsüberwachungskreis eines MSR6R/T. Die mechanisch verbundenen Hilfs-Öffnungskontakte eines Leistungsschaltschützes sind in Reihe mit einem Taster geschaltet. Nachdem die Schutztür geöffnet und wieder geschlossen wurde, lässt das Minotaur erst dann einen Wiederanlauf der Maschine zu, wenn der Rückstelltaster gedrückt wurde. Wenn dies geschehen ist, prüft und überwacht das Minotaur-Sicherheitsrelais, ob sich beide Schütze im Zustand AUS befinden und beide Verriegelungskreise (und damit die Schutztür) geschlossen sind. Werden diese Prüfungen erfolgreich bestanden, kann die Maschine über die normalen Bedienelemente neu gestartet werden.

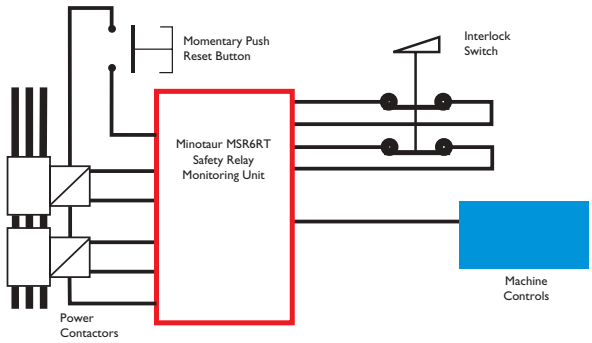


Abbildung 43

Der Rückstellschalter muss sich an einer Stelle mit guter Sicht auf den Gefahrenbereich befinden, damit der Bediener vor dem Einschalten der Maschine den Bereich überprüfen kann.

Automatische/manuelle Rückstellung

Einige Minotaur-Sicherheitsrelais bieten **automatische/manuelle Rückstellung**. In diesem Fall kann die Rücksetzleitung überbrückt werden, was eine automatische Rückstellung ermöglicht. Der Maschinenbetreiber muss dann einen anderen Mechanismus vorsehen, um Anlaufen der Maschine beim Schließen der Schutztür zu verhindern. Alternativ kann die in *Abbildung 43* gezeigte Schaltung verwendet werden, doch das Minotaur-Sicherheitsrelais ist nicht in der Lage, einen kurzgeschlossenen Rückstellschalter oder einen kurzgeschlossenen Hilfskontakt im Schütz zu erkennen.
Ein **Gerät zur automatischen Rückstellung** erfordert keinen manuellen Schalteingriff, doch nach einer Schutzabschaltung wird das System immer auf Funktionssicherheit geprüft, bevor die Rückstellung erfolgt. Ein System mit automatischer Rückstellung ist nicht mit einem Gerät ohne Rückstellung zu verwechseln. Bei letzterem wird das Sicherheitssystem sofort nach einer Schutzabschaltung wieder aktiviert, ohne die Funktionssicherheit des Systems zu prüfen.

Schutzvorrichtungen ohne Wiederanlaufsperre

Eine Schutzvorrichtung ohne Wiederanlaufsperre stoppt eine Maschine, wenn die Schutzvorrichtung geöffnet wird. Beim Schließen der Schutzvorrichtung läuft die Maschine sofort wieder an.
Schutzvorrichtungen ohne Wiederanlaufsperre sind nur unter bestimmten eingeschränkten Bedingungen zulässig, da unerwarteter Anlauf oder Ausfall des Ausschaltsystems äußerst gefährlich wäre. Das Verriegelungssystem muss die höchstmögliche Zuverlässigkeit aufweisen (oft ist es ratsam, eine Schutzverriegelung vorzusehen).

Die Verwendung von Schutzvorrichtungen ohne Wiederanlaufsperre kommt NUR an Maschinen in Frage, bei denen NICHT die Möglichkeit besteht, dass ein Bediener oder ein Teil seines Körpers bei geschlossener Schutzvorrichtung in der Gefahrenzone bleibt oder in die Gefahrenzone hineinreicht.

Die Schutzvorrichtung ohne Wiederanlaufsperre muss der einzige Zugang zum Gefahrenbereich sein.

Weitere Überlegungen

Eingangsimpedanz

Die Eingangsimpedanz der Überwachungs-Sicherheitsrelais bestimmt, wie viele Eingangsgeräte an das Relais angeschlossen werden können und wie weit entfernt die Eingangsgeräte installiert werden können.
Zum Beispiel hat das Minotaur MSR6R/T eine maximal zulässige Eingangsimpedanz von 500 Ohm (T). Ist die Eingangsimpedanz größer als 500 T, schaltet das MSR6R/T seine Ausgänge nicht. Es ist darauf zu achten, dass die Eingangsimpedanz unter dem angegebenen Höchstwert bleibt.

Die Eingangsimpedanz wird durch Länge, Querschnitt und Material der verwendeten Verdrahtung beinflusst. Tabelle 2 zeigt den typischen Widerstand von geglühtem Kupferdraht bei 25 °C.

ISO-Querschnitt mm^2	AWG	T #pro 1000 m	T #pro 1000 Fuß
0,5	20	33,30	10,15
0,75	18	20,95	6,385
1,5	16	13,18	4,016
2,5	14	8,28	2,525
4	12	5,21	1,588

Tabelle 2

		Therm. Strom gekaps. Geräte	Bemessungs-Betriebsstrom *Ie* bei Bemessungs-Betriebsspannung Ue						VA	
Bezeichnung	**Gebrauchs-kategorie**		**120 V**	**240 V**	**380 V**	**480 V**	**500 V**	**600 V**	**Schließen**	**Öffnen**
A150	AC-15	10	6	–	–	–	–	–	7200	720
A300	AC-15	10	6	3	–	–	–	–	7200	720
A600	AC-15	10	6	3	1,9	1,5	1,4	1,2	7200	720
B150	AC-15	5	3	–	–	–	–	–	3600	360
B300	AC-15	5	3	1,5	–	–	–	–	3600	360
B600	AC-15	5	3	1,5	0,95	0,92	0,75	0,6	3600	360
C150	AC-15	2,5	1,5	–	–	–	–	–	1800	180
C300	AC-15	2,5	1,5	0,75	–				1800	180
C600	AC-15	2,5	1,5	0,75	0,47	0,375	0,35	0,3	1800	180
D150	AC-14	1,0	0,6	–	–	–	–	–	432	72
D300	AC-14	1,0	0,6	0,3	–	–	–	–	432	72
E150	AC-14	0,5	0,3	–	–	–	–	–	216	36
Gleichstrom			**125 V**	**250 V**		**400 V**	**500 V**	**600 V**		
N150	DC-13	10	2,2	–		–	–	–	275	275
N300	DC-13	10	2,2	1,1		–	–	–	275	275
N600	DC-13	10	2,2	1,1		0,63	0,55	0,4	275	275
P150	DC-13	5	1,1	–		–	–	–	138	138
P300	DC-13	5	1,1	0,55		–	–	–	138	138
P600	DC-13	5	1,1	0,55		0,31	0,27	0,2	138	138
Q150	DC-13	2,5	0,55	–		–	–	–	69	69
Q300	DC-13	2,5	0,55	0,27		–	–	–	69	69
Q600	DC-13	2,5	0,55	0,27		0,15	0,13	0,1	69	69
R150	DC-13	1,0	0,22	–		–	–	–	28	28
R300	DC-13	1,0	0,22	0,1		–	–	–	28	28

Tabelle 3

Anzahl der Eingangsgeräte

Anhand der Risikobeurteilung lässt sich bestimmen, wie viele Eingangsgeräte an ein Überwachungs-Sicherheitsrelais (MSRU) anzuschließen sind und wie oft die Eingangsgeräte geprüft werden müssen. Um sicherzustellen, dass Not-Aus-Schaltungen und Schutztürverriegelungen in betriebsfähigem Zustand sind, müssen sie in regelmäßigen Intervallen auf Funktion geprüft werden, wie anhand der Risikobeurteilung festgelegt.
Beispiel: ein Überwachungs-Sicherheitsrelais (MSRU) mit Zweikanal-Eingang, das an einer verriegelten Schutztür angeschlossen ist, die bei jedem Maschinenarbeitsspiel (z.B. mehrmals täglich) geöffnet werden muss, braucht möglicherweise nicht geprüft zu werden. Der Grund ist, dass jedes Öffnen der Schutztür einen Selbsttest des Sicherheitsrelais sowie der Ein- und Ausgänge des Relais (je nach Konfiguration) bewirkt, um einzelne Fehler zu erkennen. Je häufiger die Schutzvorrichtung geöffnet wird, desto höher muss die Sicherheit des Prüfprozesses sein.

Ein weiteres Beispiel sind Not-Aus-Schaltungen. Da Not-Aus-Schaltungen üblicherweise nur für Notfälle vorgesehen sind, werden sie selten aktiviert. Deshalb sollte ein Plan für das probeweise Betätigen der Not-Aus-Schaltgeräte aufgestellt werden, um deren Wirksamkeit nachzuweisen.

Ein drittes Beispiel sind Zugangstüren für Maschineneinstellungen, die wie Not-Aus-Schaltungen eher selten benutzt werden. Auch hier sollte ein Plan für das probeweise Betätigen aufgestellt werden, um die Wirksamkeit der Schaltgeräte nachzuweisen.

Mit Hilfe der Risikobeurteilung lässt sich festlegen, ob die Eingangsgeräte geprüft werden müssen und wie oft Prüfungen erforderlich sind. Je höher das Risiko, desto höher die geforderte Sicherheit des Prüfprozesses. Je seltener die automatische Prüfung, desto häufiger die manuelle Prüfung.

Bemessungsdaten von Ausgängen

Die Bemessungsdaten der Ausgänge beschreiben die Fähigkeit des Schutzgeräts, Lasten zu schalten. Üblicherweise werden die Bemessungsdaten industriell genutzter elektrischer Geräte als ohmsche oder elektromagnetische Lasten angegeben. Eine ohmsche Last kann ein Widerstandsheizelement sein. Typische elektromagnetische Lasten sind Relais, Schütze oder Magnetventile, wobei die Last ausgeprägte induktive Eigenschaften hat. Anhang A der Norm IEC 60947-5-1 in Tabelle 3 beschreibt Lastkenndaten.

Schutzvorrichtungen ohne Wiederanlaufsperre

Kennbuchstabe: Die Bezeichnung ist ein Buchstabe, auf den eine Zahl folgt, z.B. A300:

A 3 0 0

Der Buchstabe bezieht sich auf den konventionellen thermischen Strom von gekapselten Geräten und gibt an, ob es sich um Gleichstrom oder um Wechselstrom handelt. Zum Beispiel steht A für 10 Ampère Wechselstrom. Die Zahl gibt die Bemessungs-Isolationsspannung an. Zum Beispiel steht 300 für 300 Volt.

Gebrauchskategorie: Die Gebrauchskategorie beschreibt die Arten von Lasten, für die das Gerät ausgelegt ist. Die drei für IEC 947-5 relevanten Gebrauchskategorien sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Gebrauchs-kategorie	Beschreibung der Last
AC-12	Schalten ohmscher und elektronischer Lasten mit Trennung durch Optokoppler
AC-13	Schalten elektronischer Lasten mit Trennung durch Transformator
AC-14	Schalten kleiner elektromagnetischer Lasten (unter 72 VA)
AC-15	Elektromagnetische Lasten über 72 VA
DC-12	Schalten ohmscher und elektronischer Lasten mit Trennung durch Optokoppler
DC-13	Schalten von Elektromagneten
DC-14	Schalten induktiver Lasten mit Sparwiderständen im Stromkreis

Tabelle 4

Thermischer Strom I_{th}: Der konventionelle thermische Strom von gekapselten Geräten ist der Wert des Stroms, der für Erwärmungsprüfungen der Geräte bei Einbau in einem bestimmten Gehäuse verwendet wird.

Bemessungs-Betriebsspannung U_e und Bemessungs-Betriebsstrom I_e: Die Bemessungs-Betriebsspannung und der Bemessungs-Betriebsstrom geben das Ein- und Ausschaltvermögen der Schaltelemente unter normalen Betriebsbedingungen an.

Die Produkte der Serie Allen-Bradley Guardmaster sind für 125 VAC, 250 VAC und 24 VDC ausgelegt. Falls andere als die angegebenen Spannungen verwendet werden sollen, ist das Werk zu konsultieren.

VA: Der VA-Wert (Volt x Ampère) gibt die Bemessungswerte der Schaltelemente beim Schließen und Öffnen des Stromkreises an.

Beispiel 1: Ein Wert von A150 / AC-15 bedeutet, dass die Kontakte einen 7200-VA-Stromkreis schließen können. Bei 120 VAC können die Kontakte einen Einschaltstrom von 60 Ampère bewältigen. Da AC-15 eine elektromagnetische Last ist, liegen die 60 Ampère nur kurzzeitig an (Einschaltstromstoß der elektromagnetischen Last). Beim Öffnen des Stromkreises sind nur 720 VA zulässig, denn der Dauerstrom der elektromagnetischen Last beträgt 6 A, was dem Bemessungs-Betriebsstrom entspricht.

Beispiel 2: Ein Wert von N150 / DC-13 bedeutet, dass die Kontakte einen 275-VA-Stromkreis schließen können. Bei 125 VAC können die Kontakte einen Einschaltstrom von 2,2 Ampère bewältigen. Elektromagnetische Gleichstromlasten haben keinen Einschaltstrom wie elektromagnetische Wechselstromlasten. Auch beim Öffnen des Stromkreises sind 275 VA zulässig, denn der Dauerstrom der elektromagnetischen Last beträgt 2,2 A, was dem Bemessungs-Betriebsstrom entspricht.

Grundsätze und Geräte für die elektrische Verriegelung

Eines der wichtigsten Schutzgeräte ist ein Sicherheits-Verriegelungsschalter, der eine Schutztür gegenüber der Energiequelle der gefahrbringenden Maschine verriegelt.

Öffnen der Schutztür unterbricht die Energiezufuhr, was gewährleistet, dass die Maschine in einem sicheren Zustand ist, wenn der Bediener Zugang zum Gefahrenbereich benötigt.

Es gibt viele Varianten von Verriegelungsschaltern mit verschiedenen Eigenschaften.

Es ist wichtig, den Gerätetyp für die jeweilige Anwendung richtig auszuwählen. Weiter unten in diesem Kapitel wird eine Folge logischer Entscheidungen beschrieben, die zur Auswahl des genau richtigen Geräts führen. Zunächst sollen einige der allgemeinen Merkmale und Anforderungen vorgestellt werden, die Geräte für Verriegelungsanwendungen geeignet machen.

Normen

Die Norm ISO 14119 „Verriegelungseinrichtungen für Schutzvorrichtungen“ bietet Orientierung und ist zur Verwendung zusammen mit der Norm IEC 60947-5-1 für elektromechanische Schalter und einer gleichwertigigen Norm für Magnetschalter und Näherungsschalter (IEC 60947-5-3) vorgesehen.

Zuverlässigkeit

Ein Verriegelungsschalter muss auch unter extremen Bedingungen und bei rauher Behandlung zuverlässig funktionieren. Der Funktionsmechanismus ist so einfach wie möglich zu halten, und alle zur Herstellung des Schalters verwendeten Werkstoffe müssen von höchster Qualität sein. Der Entwurf muss sicherstellen, dass der Komponentenverschleiß minimal ist. Der Mechanismus ist in einem stabilen, abgedichteten Gehäuse zu kapseln.

Schutz gegen Umgehung und Fehlbedienung

Der Schutz gegen Umgehung und Fehlbetätigung eines Verriegelungsschalter richtet sich nach seiner Fähigkeit, Versuchen zur Manipulation des Mechanismus zu widerstehen. Ein Verriegelungsschalter muss so konstruiert sein, dass eine Funktionsaufhebung nicht leicht möglich ist.

Es kann in einigen Situationen vorkommen, dass das Bedienpersonal versucht, den Schalter auf irgendeine Weise zu überbrücken. In der Risikobeurteilung gesammelte Informationen zum Gebrauch der Maschine helfen dabei, zu entscheiden, ob diese Gefahr mit größerer oder geringerer Wahrscheinlichkeit besteht. Je größer die Wahrscheinlichkeit, desto schwieriger muss es sein, den Schalter oder das System zu umgehen. Die Höhe des geschätzten Risikos muss in dieser Phase ebenfalls berücksichtigt werden. Schalter sind in verschiedenen Sicherheitsstufen erhältlich, von der Widerstandsfähigkeit gegen einfache Manipulationen bis zum praktisch unüberwindbaren Schutz gegen die Aufhebung der Funktion.

In dieser Phase ist zu beachten, dass ein hochgradiger Schutz gegen Umgehung und Funktionsaufhebung manchmal einfacher durch die Art der Montage erreicht werden kann.

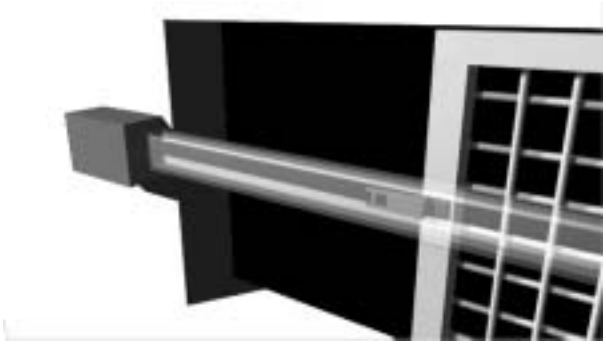


Abbildung 44

Wird der Schalter beispielsweise wie in *Abbildung 44* mit einem Abdeckprofil montiert, ist der Schalter bei offener Schutztür nicht zugänglich. Die Art der in der Montagephase zum Schutz gegen Manipulation getroffenen Maßnahmen hängt vom Funktionsprinzip des Schalters ab.

Zwangsbetätigung
(auch als Direktöffnung bezeichnet)
ISO TR 12100-2 besagt: Wenn ein bewegliches mechanisches Teil unvermeidbar ein anderes Teil mitbewegt, entweder durch direkte Berührung oder über starre Elemente, sind diese Teile über eine Zwangsbetätigung miteinander verbunden.

Für einfache mechanische Verriegelungsschalter gilt: Beim Öffnen der Schutzvorrichtung muss sich die Bewegung der Schutzvorrichtung zwangsweise den sicherheitsgerichteten Kontakten des Schalters mitteilen. Dies stellt sicher, dass die Kontakte durch die Bewegung der Schutzvorrichtung mechanisch auseinandergezogen oder zwangsgetrennt werden.

Der Schalter darf NICHT nur auf Federkraft zum Öffnen der Kontakte angewiesen sein, da die ausgeübte Kraft möglicherweise nicht ausreicht, um verklebte oder verschweißte Kontakte zu trennen. Es besteht auch die Möglichkeit, dass der Schalter ausfällt und einen gefährlichen Zustand verursacht, falls die Feder bricht und kein anderes Mittel zum Öffnen der Kontakte vorhanden ist.

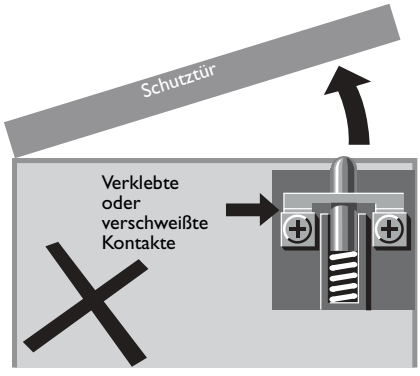


Abbildung 45

Abbildung 45 zeigt ein typisches Beispiel eines Schalters ohne Zwangsbetätigung. Es gibt keine direkte Verbindung zwischen Schutztür und Sicherheitskontakten, so dass zum Öffnen der Kontakte ausschließlich die Federkraft zur Verfügung steht. Bei Federbruch oder verschweißten/verklebten Kontakten geht das System in einen gefährlichen Zustand über und ist deshalb unbrauchbar. Ein System dieser Art ist leicht durch Eindrücken des Stößels bei offener Schutztür zu umgehen. Noch gefährlicher: Der Schalter kann unbeabsichtigt geschlossen werden, wenn sich ein Bediener gegen die Maschine lehnt oder in die Maschine hineinbeugt.

Anmerkung: In bestimmten Anwendungen kann es akzeptabel sein, einen Schalter ohne Zwangsbetätigung in Verbindung mit einem Gerät mit Zwangsbetätigung zu verwenden.

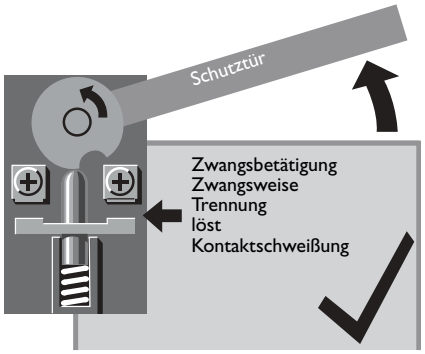


Abbildung 46

Abbildung 46 zeigt ein einfaches Beispiel einer Zwangsbetätigung zum Trennen der Kontakte. Am Türscharnier ist eine Kurvenscheibe angebracht, um die Kontakte beim Öffnen der Schutztür direkt zu betätigen. Federkraft kann die Kontakte nur bei vollständig geschlossener Schutztür schließen. Ein Federbruch führt lediglich zu einem Ausfall mit Übergang in einen sicheren Zustand.

Gehäuse
Das in *Abbildung 46* gezeigte Prinzip der Zwangsbetätigung wird in Verriegelungsschaltern der Baureihe Guardmaster stets angewendet. Auch möglicher Missbrauch wird bei diesen Schaltern verhindert, da Kontaktblock und Kurvenscheibe in einem stabilen und manipulationsgeschützten Gehäuse untergebracht sind. Dies bedeutet, dass Kurvenscheibe und Kontaktblock nicht getrennt werden können. Es ist auch nicht möglich, die Schalterfunktion durch Einfräsen einer weiteren Aussparung in die Kurvenscheibe aufzuheben. Das Prinzip gilt auch für zungenbetätigte Verriegelungsschalter, siehe *Abbildung 47*. Diese Geräte sind weit verbreitet, da sie einfach an der Öffnungskante der Schutztür zu montieren sind und sich für Schiebetüren, Schwenktüren und abnehmbare Schutztüren eignen. Die Betätigungszunge ist an der Schutztür befestigt, und Öffnen der Schutztür bewirkt Zwangstrennung der Kontakte durch die Zunge. Der Schaltermechanismus ist in einem Gehäuse eingebaut, und die Zungenbetätigung ist manipulationsgeschützt gestaltet.

Schutzvorrichtungen ohne Wiederanlaufsperre

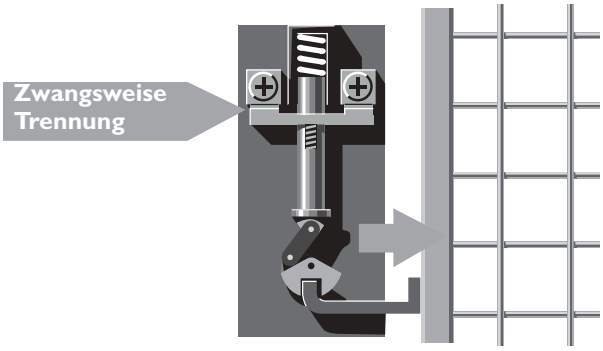


Abbildung 47

Tauglichkeit für den vorgesehenen Zweck
Als Mindestforderung gilt, dass alle Konstruktionen und Materialien den zu erwartenden Betriebsbeanspruchungen und äußeren Einflüssen standhalten müssen.

Weitere Sicherheitsgrundsätze
Bei nichtmechanischen Geräten gibt es (unter normalen Bedingungen) keine mechanische Verbindung zwischen Schalter und Betätigungselement. Deshalb kommt eine Zwangsbetätigung nicht in Frage, um den Schaltvorgang sicherzustellen, und deshalb müssen andere Verfahren angewendet werden.

Ausrichtung auf Ausfallart
Bei einfachen Geräten können Komponenten verwendet werden, die auf eine bestimmte Ausfallart ausgerichtet sind, vgl. ISO TR 12100-2. Dies bedeutet die Verwendung von Komponenten, deren vorherrschende Ausfallart im voraus bekannt und immer gleich ist. Das Gerät wird so ausgelegt, dass jeder Einfluss, der wahrscheinlich einen Ausfall verursacht, auch das Ausschalten des Geräts bewirkt.

Ein Beispiel für ein in dieser Technik ausgeführtes Gerät ist der berührungslos magnetisch betätigte Verriegelungsschalter Guardmaster FERROGARD. Die Kontakte sind durch ein internes, nicht rückstellbares Überstrom-Schutzgerät verbunden. Jeder Überstrom im geschalteten Stromkreis führt zu einer Stromkreisunterbrechung

am Schutzgerät, dessen Ansprechschwelle für einen Strom ausgelegt ist, der ausreichend weit unter dem für die Sicherheitskontakte kritischen Wert liegt.

Redundanz (Verdoppelung)
Falls in einer Konstruktion nicht eigensichere Komponenten verwendet werden und diese kritisch für die Sicherheitsfunktion sind, kann ein akzeptables Sicherheitsniveau durch Verdoppelung dieser Komponenten oder Systeme erreicht werden. Sollte eine Komponente ausfallen, kann die andere weiterhin die Funktion erfüllen. Es ist normalerweise notwendig, durch Überwachung den ersten Ausfall zu erkennen, damit bei einem zweikanaligen System nicht ein Kanal ausfällt, ohne dass dies bemerkt wird. Aufmerksamkeit ist auch auf das Problem von Ausfällen mit gleicher Ursache zu richten.

Jeder Ausfall, der zum gleichzeitigen Versagen aller redundanten Komponenten (oder Kanäle) führt, muss verhindert werden. Geeignete Maßnahmen können unterschiedliche Technologien für jeden Kanal oder die sichergestellte Ausrichtung auf eine bestimmte Ausfallart sein.

Galvanische Trennung
Abbildung 48 zeigt Kontaktblöcke mit zwei Kontaktsätzen. Eine galvanische Trennbarriere ist erforderlich, falls es möglich ist, dass sich die Kontakte im Fall des Verklebens oder Verschweißens gegenseitig mit ihrer Rückseite berühren.

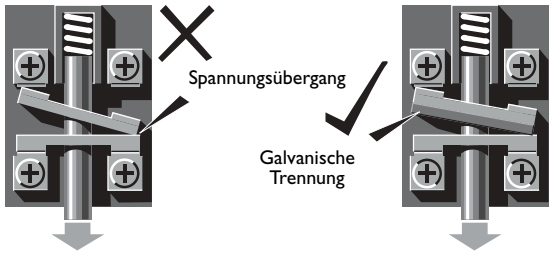


Abbildung 48

Typische Formen von Verriegelungseinrichtungen
Ganz allgemein gesprochen, gibt es zwei Grundtypen von elektrischen Verriegelungssystemen, deren Eigenschaften in *Abbildung 49* dargestellt sind.

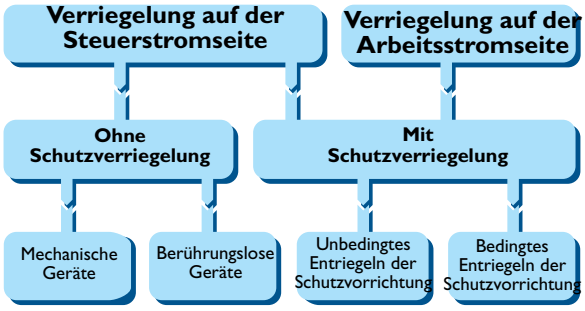


Abbildung 49

Verriegelung auf der Arbeitsstromseite: Die Unterbrechung der Energiezufuhr der gefährlichen Maschine erfolgt direkt durch Öffnen der Schutzvorrichtung.

Verriegelung auf der Steuerstromseite: Die Unterbrechung der Energiezufuhr der gefährlichen Maschine erfolgt durch Öffnen eines Stromkreises, der das Schaltgerät für den Arbeitsstrom steuert.

Der folgende Text behandelt die Sicherheitsverriegelung elektrischer Stromversorgungen, da dies bei weitem die häufigste Anforderung ist. Die gleichen Grundsätze sind aber auch auf hydraulische und pneumatische Systeme anwendbar.

Verriegelung auf der Arbeitsstromseite
Die Bewegung der Schutzvorrichtung bewirkt direktes Schalten des Arbeitsstroms zu der gefahrbringenden Maschine. Bei Maschinen, die mit niedriger Spannung und geringer Leistungsaufnahme arbeiten, können die meisten Arten von Verriegelungsschaltern für die Verriegelung auf der Arbeitsstromseite eingesetzt werden. Da aber die meisten industriellen Maschinen mit relativ hoher Dreiphasenspannung arbeiten, werden zweckmäßig ausgelegte Systeme für die Verriegelung auf der Arbeitsstromseite benötigt, bei denen der Leistungstrennschalter in der Lage sein muss, die Last zuverlässig zu bewältigen und zu trennen.

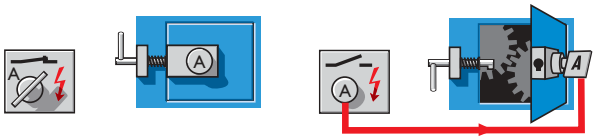


Abbildung 50

Das gängigste Verfahren zur Verriegelung auf der Arbeitsstromseite ist ein System mit gefangenem Schlüssel, z.B. das System PROSAFE *(siehe Abbildung 50)*. Die Betätigung des Trennschalters erfolgt durch einen Schlüssel, der in Schalterstellung EIN in seiner Position gefangen wird. Beim Drehen des Schlüssels werden die Kontakte des Trennschalters im geöffneten Zustand verriegelt (Trennen der Spannungsversorgung), und der Schlüssel kann abgezogen werden.

Die Schutztür ist im geschlossenen Zustand verriegelt und kann nur mit dem Schlüssel des Trennschalters entriegelt werden. Beim Entriegeln der Schutztür mit diesem Schlüssel wird der Schlüssel in seiner Position gefangen. Der Schlüssel kann erst wieder abgezogen werden, nachdem die Schutztür wieder geschlossen und verriegelt wurde.

Deshalb ist es unmöglich, die Schutztür zu öffnen, ohne zuerst die Spannungsversorgung zu unterbrechen. Es ist auch unmöglich, die Spannung einzuschalten, ohne die Schutztür zu schließen und zu verriegeln.

Dieses System ist äußerst zuverlässig und hat den Vorteil, keine elektrische Verdrahtung zur Schutzvorrichtung zu erfordern. Der Hauptnachteil ist, dass der Schlüssel jedesmal umgesteckt werden muss, was dieses System ungeeignet macht, wenn die Schutzvorrichtung häufig geöffnet werden muss.

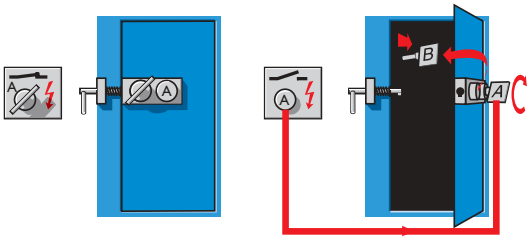


Abbildung 51

Wenn Zugang mit dem gesamten Körper erforderlich ist, empfiehlt sich die Verwendung eines persönlichen Schlüssels, wie in *Abbildung 51* gezeigt. Die Produktserie PROSAFE ist für eine solche Anforderung in Doppelschlüsselausführung lieferbar.

Die Verwendung eines persönlichen Schlüssels stellt sicher, dass der Bediener nicht im geschützten Bereich eingeschlossen werden kann. Der Schlüssel kann auch für Roboter-Einlernschalter, Tipp-Steuerungen usw. genutzt werden.

Abbildung 52

Schlüssel „A“ wird gedreht und vom Leistungstrennschalter abgezogen. Die Spannung ist AUS. Um Zugang durch Schutztüren zu erhalten, wird Schlüssel „A“ in die Schlüsselwechseleinheit gesteckt und gedreht. Beide Schlüssel „B“ werden dann für Verriegelungen von Schutzvorrichtungen freigegeben. Schlüssel „A“ ist gefangen und verhindert das Einschalten der Spannung. Dann werden zwei Schlüssel „C“ von den Verriegelungen der Schutztür freigegeben, um beim nächsten Schritt als persönliche Schlüssel zu dienen *(siehe Abbildung 53)*.

Abbildung 53

Die *Abbildungen 54 und 55* zeigen weitere Beispiele von Verriegelungen mit gefangenem Schlüssel. Mit Doppelschlüssel-Verriegelungen und Schlüsseln mit verschiedenen Codes können zusammen mit einer Schlüsselwechseleinheit komplexe Systeme gebildet werden. Neben dem Kriterium, dass vor Freigabe des Zugangs die Spannungszufuhr getrennt wird, besteht auch die Möglichkeit, mit dem System eine vorbestimmte Abfolge von Handlungen zu erzwingen.

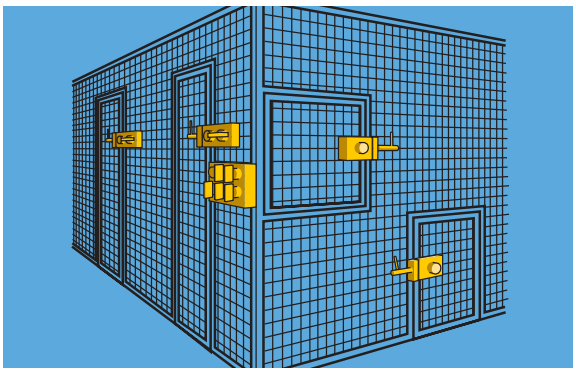


Abbildung 54

Schutzvorrichtungen ohne Wiederanlaufsperre

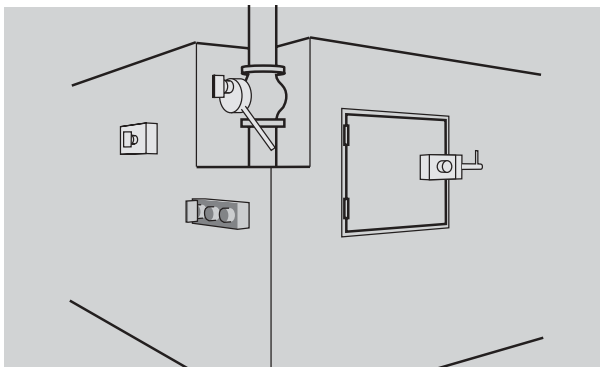


Abbildung 55

Erforderliche Merkmale

Da die Sicherheit dieses Systems vollkommen von seiner mechanischen Funktion abhängt, ist es wichtig, dass die angewendeten Gestaltungsprinzipien und Materialen für die zu erwartenden Beanspruchungen geeignet.

Falls im System ein Trennschalter enthalten ist, muss dieser eine Zwangsbetätigung haben und die Anforderungen der zutreffenden Teile von IEC 60947 erfüllen.

Die Funktionssicherheit und der Schutz gegen Umgehung und Fehlbedienung des Systems beruhen auf der Tatsache, dass die Schlüssel unter bestimmten Bedingungen in bestimmten Stellungen gefangen sind. Deshalb sind zwei grundlegende Merkmale zwingend erforderlich:

1. DIE VERRIEGELUNG KANN NUR MIT DEM DAFÜR VORGESEHENEN SCHLÜSSEL BETÄTIGT WERDEN. Dies bedeutet, dass es nicht möglich sein darf, die Verriegelung mit Schraubendrehern usw. zu manipulieren oder den Mechanismus durch Umgehung und Fehlbedienung außer Funktion zu setzen. Wo am gleichen Standort mehrere Verriegelungen vorhanden sind, muss außerdem durch Zuweisen von Schlüsselcodes die Möglichkeit unerwünschter Betätigung ausgeschlossen werden.
2. ES IST NICHT MÖGLICH, SICH DEN SCHLÜSSEL AUF EINE ANDERE ALS DIE VORGESEHENE WEISE ZU VERSCHAFFEN.
   Zum Beispiel bedeutet dies bei einem gefangenen Schlüssel, dass Gewaltanwendung zum Bruch des Schlüssels und nicht zum Bruch der Verriegelung führt.

Verriegelung auf der Steuerstromseite

Verriegelung auf der Steuerstromseite ist das gängigste Verriegelungsverfahren. An der Schutzvorrichtung ist ein Verriegelungsschalter angebracht, um Bewegungen der Schutzvorrichtung zu erkennen und die Schaltkontakte immer dann zu öffen, wenn die Schutzvorrichtung nicht vollständig geschlossen ist. Die Kontakte sind über einen Steuerstromkreis mit dem Hauptsteuerelement (Schütz) der Gefahrenquelle verbunden. Die Überlegungen hinsichtlich des Steuerstromkreises sind zu berücksichtigen.

Verschiedene Gerätetypen, die sich für Verriegelungen auf der Steuerstromseite eignen, sind in *Abbildung 49* (Seite 32) aufgeführt.

Der erste wichtige Unterschied besteht zwischen Geräten mit Schutzverriegelung und Geräten ohne Schutzverriegelung.

Verriegelungsschalter ohne Schutzverriegelung

Diese Geräte beschränken nicht den Zugang. Die Schutztür kann jederzeit geöffnet werden. Sobald die Tür geöffnet wird, unterbricht der Schalter die Spannungszufuhr der gefährlichen Maschine über den Schütz-Steuerstromkreis. Wenn die gefährliche Bewegung immer sofort zum Stillstand kommt und ein Bediener die Teile nicht erreichen kann, solange sie gefährlich sind, gelten die Anforderungen als erfüllt.

WENN DIE GEFÄHRLICHE BEWEGUNG NICHT SOFORT ZUM STILLSTAND KOMMT, besteht die Möglichkeit, dass ein Bediener nachlaufende und noch gefährliche Maschinenteile erreichen kann. Um diese nicht akzeptable Situation zu vermeiden, gibt es drei Alternativen:

1. Verwendung einer Verriegelungseinrichtung mit Schutzverriegelung, um Öffnen der Schutzvorrichtung zu verhindern, bevor gefährliche Maschinenteile zum Stillstand gekommen sind *(siehe Abbildung 56)*.

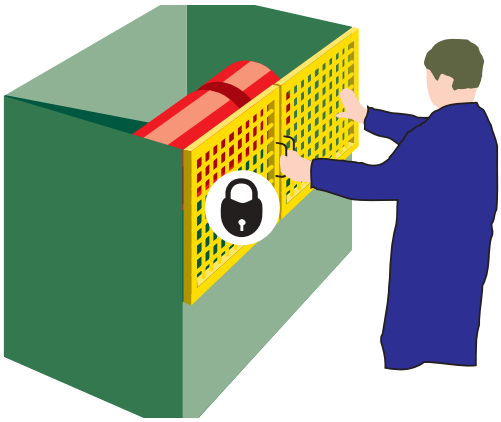


Abbildung 56

2. Installation einer Bremse, um schnellen Stillstand zu erreichen *(siehe Abbildung 57)*. **Anmerkung:** Hinsichtlich der Funktionssicherheit der Bremse müssen Zuverlässigkeit und Verschleißeigenschaften betrachtet werden.

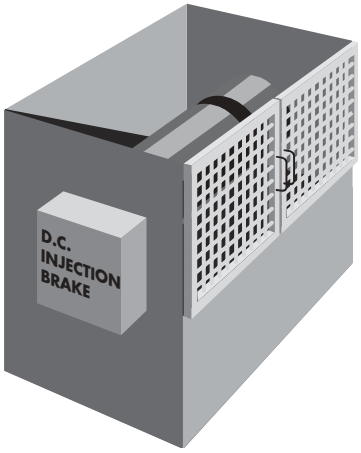


Abbildung 57

3. Der Abstand zwischen Gefahrenbereich und Schutztür muss so groß sein, dass der Bediener innerhalb der Nachlaufzeit kein bewegliches Maschinenteil erreichen kann *(siehe Abbildung 58)*.

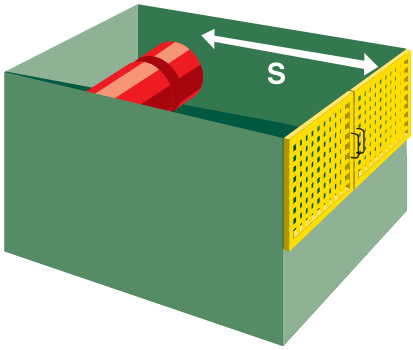


Abbildung 58

Für den Fall, dass eine genaue Berechnung erforderlich ist, beschäftigt sich die Norm EN 999 mit der Anordnung von Schutzeinrichtungen hinsichtlich der Annäherungsgeschwindigkeit von Körperteilen. Gegenwärtig geht die Norm nicht speziell auf verriegelte Schutztüren ein, doch die darin formulierten Grundsätze für die Anordnung anderer Sicherheitsgeräte basieren auf der Annäherungsgeschwindigkeit von Körperteilen und der Anhaltezeit von Maschinen und sind auf verriegelte Schutztüren ohne Schutzverriegelung übertragbar. Die folgende Formel aus der Norm EN 999 liefert zuverlässige Ergebnisse.

S = (K x T) + C

Dabei sind:

S = Mindestabstand in mm zwischen Gefahrenzone und Öffnungskante der Schutzvorrichtung.

K = 1600 (empfohlen). Dieser Parameter basiert auf Forschungsergebnissen, die zeigen, dass eine angenommene Annäherungsgeschwindigkeit des Bedieners von 1600 mm pro Sekunde realistisch ist. Die Umstände der tatsächlichen Applikation sind zu berücksichtigen. Als allgemeine Richtlinie kann gelten, dass die Annäherungsgeschwindigkeit zwischen 1600 und 2500 mm/s variiert.

T = Gesamtanhaltezeit des Systems, d.h. Gesamtzeit (Sekunden) vom Öffnen der Kontakte des Verriegelungsschalters bis zum Stillstand der gefährlichen Maschinenteile.

C = Zusätzlicher Abstand in Millimetern basierend auf möglicher Eindringtiefe in die Gefahrenzone. Dieser Wert hängt davon ab, ob es möglich ist, über, um oder durch die Schutzvorrichtung zu greifen, bevor die Schaltkontakte öffnen. Beispiel: Ein Drahtgitter an der Schutzvorrichtung erlaubt es, einen Finger, eine Hand oder einen Arm durch die Schutzvorrichtung zu strecken. Die Normen EN 294 und EN 811 enthalten weitere Informationen zum Berechnen von Greifabständen.

Die nächste Unterteilung von Verriegelungseinrichtungen ohne Schutzverriegelung folgt den Kriterien „mechanische Betätigung“ und „berührungslose Betätigung“.

Mechanisch betätigte Geräte

Bei diesen Geräten ist die Schutztür mechanisch mit den Steuerstromkontakten des zwangsbetätigten Schalters verbunden. Es gibt drei Haupttypen der mechanischen Betätigung.

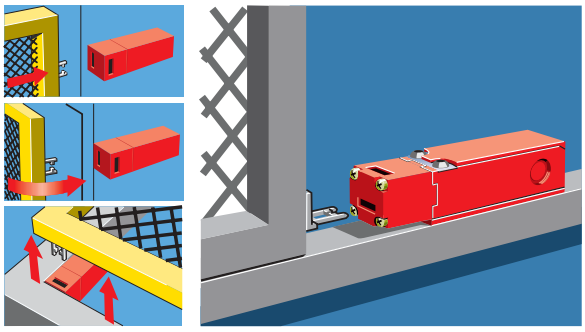


Abbildung 59

Es handelt sich um:

Zungenbetätigung
Bei dem Schalter Guardmaster Cadet (siehe *Abbildung 59*) öffnet oder schließt die an der Schutzvorrichtung befestigte Betätigungszunge die Kontakte über die eingebaute Mechanik.

Merkmale:
Zunge und Mechanik sind so gestaltet, dass leichtes Manipulieren des Schalters verhindert wird. Diese Geräte sind zuverlässig und einfach zu installieren.

Sie können an Schiebetüren, Schwenktüren und abnehmbaren Schutzvorrichtungen angebracht werden, und ihre Vielseitigkeit macht sie zur am häufigsten verwendeten Art von Verriegelungsschaltern.

Überlegungen:
Die an der Schutzvorrichtung befestigte Zunge muss ausreichend genau mit der Eintrittsöffnung im Schaltergehäuse ausgerichtet sein. Zungenbetätigte Schalter können schwer zu reinigen sein. Dies ist möglicherweise problematisch in der Nahrungsmittel-, Getränke- und Pharmaindustrie.

Scharnierbetätigung
Das Gerät ist über dem Scharnierbolzen einer schwenkbaren Schutztür montiert (siehe *Abbildung 60*). Die Bewegung beim Öffnen der Schutzvorrichtung wird durch eine zwangsbetätigte Mechanik auf die Kontakte des Steuerstromkreises übertragen.

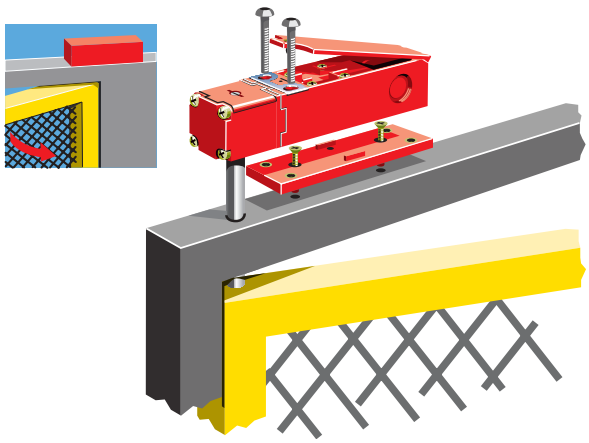


Abbildung 60

Schutzvorrichtungen ohne Wiederanlaufsperre

Merkmale:
Bei richtiger Installation sind diese Schalter ideal für die meisten schwenkbaren Schutztüren, sofern die Mittelachse des Scharniers zugänglich ist. Sie unterbrechen den Steuerstromkreis bereits bei einem Schwenkwinkel von 3° und können praktisch nicht manipuliert werden, ohne die Schutzvorrichtung zu zerlegen.

Überlegungen:
Bei sehr breiten Schutztüren ist zu beachten, dass auch bei einem Öffnungswinkel von nur 3° eine relative große ungeschützte Lücke an der Öffnungskante verbleiben kann. Es ist auch wichtig, dass eine schwere Schutzvorrichtung die Betätigungswelle des Schalters nicht überbeansprucht.

Nockenbetätigung
Diese Anordnung besitzt normalerweise einen zwangsbetätigten Endschalter (oder Positionschalter) mit Nocken oder Rollenhebel (siehe *Abbildung 61*). Sie wird allgemein an Schiebeschutztüren verwendet. Beim Öffnen der Schutztür drückt der Nocken den Stößel nach unten, um die Kontakte des Steuerstromkreises zu öffnen.

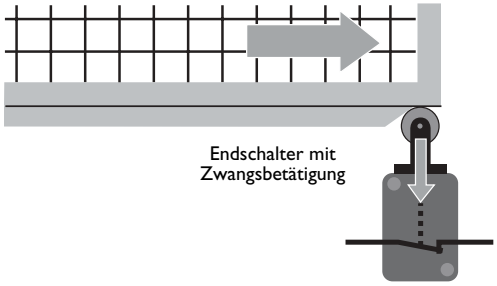


Abbildung 61

Merkmale:
Wegen der Einfachheit des Systems kann der Schalter sowohl klein als auch zuverlässig sein.

Überlegungen:
Nicht verwendbar an abnehmbaren Schutzvorrichtungen.

Es ist äußerst wichtig, dass der Schalterstößel nur ausfahren kann, wenn die Schutzvorrichtung vollständig geschlossen ist. Es ist möglicherweise notwendig, zusätzliche Anschläge zu montieren, um den Verschiebeweg der Schutzvorrichtung in beiden Richtungen zu begrenzen.

Es muss ein geeignetes Nockenprofil mit festgelegten Toleranzen hergestellt werden. Der an der Schutzvorrichtung angebrachte Nocken darf nie vom Schalter abheben, weil dann die Schaltkontakte schließen. Ein solches System kann anfällig für verschleißbedingte Ausfälle sein, besonders wenn ungeeignete Nockenprofile oder abrasiv wirkende Materialien eine Rolle spielen.

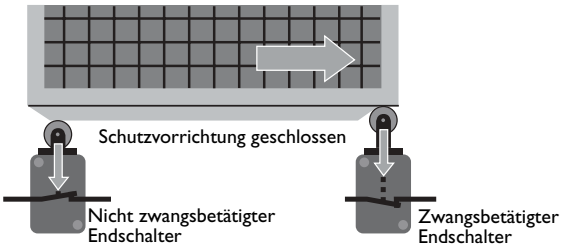


Abbildung 62

Es ist oft ratsam, zwei Schalter zu verwenden, siehe *Abbildung 62*.

Berührungslose (nichtmechanische) Auslösung
Bei diesen Geräten ist die Schutztür über ein magnetisches oder elektronisches Feld mit den Steuerstromkontakten des Schalters verbunden. Um Geräte dieser Art für Verriegelungsaufgaben geeignet zu machen, muss ihre Zuverlässigkeit gesteigert werden, damit eine ausreichende Funktionssicherheit gewährleistet ist.

Da diese Geräte nicht den Vorteil einer echten mechanischen Zwangsbetätigung haben, müssen bei berührungslos wirkenden Schaltern andere Wege beschritten werden, um gefährliche Ausfälle zu vermeiden. Erreicht wird dies durch Ausrichtung auf eine bestimmte Ausfallart oder durch Redundanz und Überwachung.

Der Guardmaster Ferrogard ist nach dem Prinzip der Ausrichtung auf eine bestimmte Ausfallart konzipiert. Aufgrund der Verwendung hochwertiger Komponenten ist der einzige sicherheitskritische Fehler, der mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auftreten könnte, das Verschweißen der Reed-Kontakte durch zu große Stromstärke (siehe *Abbildung 63*).

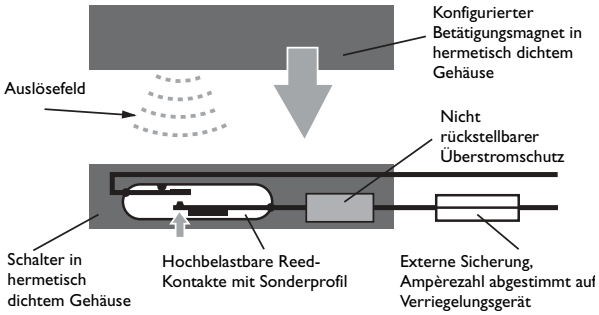


Abbildung 63

Dies wird durch das nicht rückstellbare Überstrom-Schutzgerät verhindert. Die Sicherheitsspanne zwischen den Bemessungsdaten des Geräts und der Belastbarkeit der Reed-Kontakte ist groß. Da nicht rückstellbar, sollte der Schalter durch eine externe Sicherung mit passender Ampèrezahl geschützt werden.

Es ist wichtig, dass der Schalter ausschließlich von dem dafür vorgesehenen Element betätigt wird. Dies bedeutet, dass normale Näherungsschalter, die auf Eisen ansprechen, nicht geeignet sind. Der Schalter muss durch ein „aktives“ Element betätigt werden.

Der Schutz gegen Umgehung und Fehlbedienung kann durch Codierung weiter verbessert werden, wie z.B. beim Guardmaster Ferrotek. Dieser Schalter arbeitet nach dem gleichen, auf eine

bestimmte Ausfallart ausgerichteten Prinzip wie der Ferrogard, bietet jedoch erhöhten Schutz gegen Manipulationen, weil Betätigungselement und Sensor codiert sind.

Merkmale:
Berührungslos wirkende Geräte sind in hermetisch gekapselter Ausführung lieferbar. Dadurch eignen sich diese Schalter ideal für Anwendungen in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie, denn sie sind frei von Schmutzfallen und können druckgereinigt werden. Die Applikation dieser Geräte ist sehr einfach und ihre Betriebstoleranz erheblich, so dass ein gewisser Verschleiß oder Verzug die Funktion nicht beeinträchtigt.

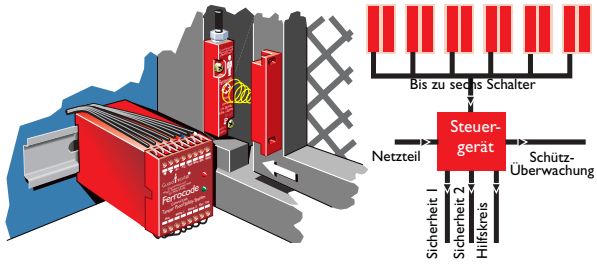
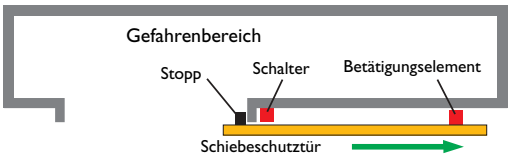


Abbildung 64

Hochentwickelte, berührungslos wirkende Geräte wie der Guardmaster Ferrocode arbeiten mit elektronischer Codierung. Der Ferrocode-Schalter hat außerdem zwei separate „Schaltkanäle". Zudem ist ein Steuergerät lieferbar, das bis zu sechs Sensorsätze plus Schütze und Verdrahtung überwacht (siehe *Abbildung 64*).

Überlegungen:
Falls großer Wert auf Schutz gegen Umgehung und Fehlbedienung gelegt wird, kann es bei einfacheren Betätigungsarten notwendig sein, die Geräte anzuordnen wie in *Abbildung 65* gezeigt, damit sie bei geöffneter Schutzvorrichtung nicht zugänglich sind. Es ist wichtig, besonders bei den nicht codierten Typen, dass die Geräte keinen Störungen durch magnetische/elektrische Felder ausgesetzt sind.



Schutztür offen — Maschine angehalten — Schutzvorrichtung verdeckt Schalter

Abbildung 65

Verriegelungsschalter mit Schutzverriegelung
Diese Geräte eignen sich für Maschinen, die durch eine längere Auslaufphase nach dem Abschalten gekennzeichnet sind, können aber auch eine deutliche Erhöhung des Schutzgrads für die meisten Maschinentypen bieten.

Sie dienen zum Verriegeln der Energiezufuhr der gefährlichen Maschine mit der Bewegung der Schutzvorrichtung und verhindern, dass die Schutztür geöffnet werden kann, bevor ein sicherer Zustand erreicht ist.

Bei diesen Geräten lassen sich zwei Wirkungsweisen unterscheiden: **Unbedingtes** und **bedingtes** Entriegeln der Schutzvorrichtung.

Bedingtes Entriegeln der Schutzvorrichtung
Diese Geräte werden manuell betätigt, und die Schutzvorrichtung kann jederzeit geöffnet werden. Ein Griff oder Knopf, der die Schutzverriegelung freigibt, öffnet auch die Kontakte des Steuerstromkreises.

Der Bolzenschalter Guardmaster Centurion arbeitet mit Zeitverzögerung. Der Bolzen, der die Schutzvorrichtung verriegelt, schaltet die Kontakte und wird durch Drehen des Betätigungsknopfes zurückgezogen. Bei den ersten Drehungen öffnen die Kontakte, doch der Verriegelungsbolzen wird erst nach vielen weiteren Drehungen des Knopfes ganz zurückgezogen (dies kann bis zu 20 Sekunden dauern).

Das System Prosafe mit gefangenem Schlüssel (siehe Kapitel über Verriegelung auf der Arbeitsstromseite) eignet sich auch für die unbedingte Schutzverriegelung.

Merkmale:
Diese Geräte sind einfach anwendbar und äußerst robust und zuverlässig. Der zeitverzögerte Bolzenschalter eignet sich vornehmlich für Schiebeschutztüren.

Überlegungen:
Die Anhaltezeit der gefährlichen Maschine muss vorhersagbar sein. Es darf nicht möglich sein, dass der Bolzen gezogen wird, bevor die gefährliche Maschine zum Stillstand gekommen ist. Der Bolzen darf erst dann die Verriegelungsstellung einnehmen, wenn die Schutztür vollständig geschlossen ist. Dies bedeutet, dass zusätzliche Anschläge notwendig sind, um den Weg der Schutztür zu begrenzen (siehe *Abbildung 66).*

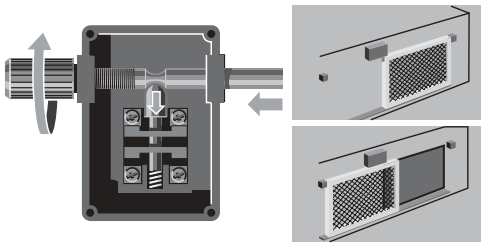


Abbildung 66

Bedingtes Entriegeln der Schutzvorrichtung
Bei diesen Geräten kann die Schutzvorrichtung nur dann geöffnet werden, wenn ein Signal meldet:

Das Schütz ist AUS.

Eine voreingestellte Zeit ist verstrichen (alternativ: die gefährliche Bewegung ist zum Stillstand gekommen).

Diese Signale kommen normalerweise von den Hilfskontakten des Schützes und von einem Zeitgeber (z.B. Guardmaster CU1) oder einem Stillstandsmelder (z.B. Guardmaster CU2).

Sie dienen zum Verriegeln der Energiezufuhr der gefährlichen Maschine mit der Bewegung der Schutzvorrichtung und verhindern außerdem, dass die Schutztür geöffnet werden kann, bevor ein sicherer Zustand erreicht ist. Da ein extern erzeugtes Signal zum Freigeben der Verriegelung erforderlich ist, sind diese Geräte besonders geeignet für den Einsatz mit SPS oder anderen programmierbaren, elektronisch gesteuerten Maschinen.

Schutzvorrichtungen ohne Wiederanlaufsperre

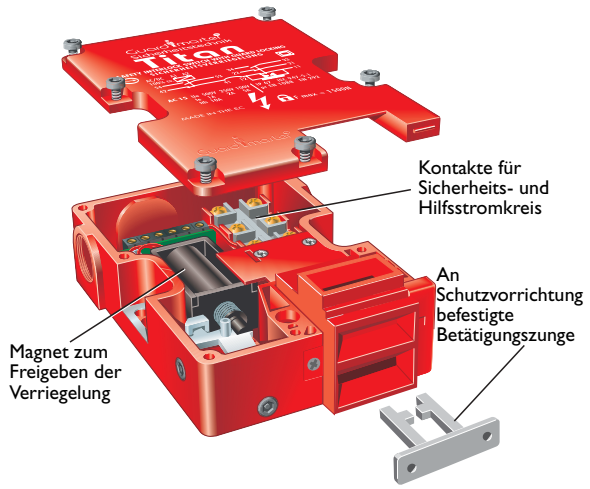


Abbildung 67

Die beste Art von Verriegelungseinrichtung für diese Zwecke ist ein elektromagnetisch betätigter Verriegelungsschalter wie der Guardmaster TLS-GD2 *(siehe Abbildung 67)* oder Atlas 4. Für Anwendungen, die einen weniger häufigen Zugang erfordern, kann das Prosafe-System mit gefangenem Schlüssel (siehe Kapitel über Verriegelung auf der Arbeitsstromseite) entsprechend konfiguriert werden.

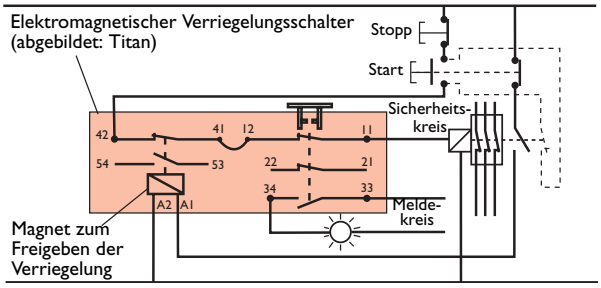


Abbildung 68

In dem in *Abbildung 68* gezeigten Beispiel kommt die gefährliche Bewegung zum Stillstand, sobald die Spannungszufuhr durch Ausschalten der Maschine an den normalen Bedienelementen unterbrochen wird. Die Schutzvorrichtung kann erst geöffnet werden, wenn das Schütz auf AUS geschaltet hat. Bei geöffneter Schutzvorrichtung stellen die Kontakte des Steuerstromkreises sicher, dass das Schütz erst wieder aktiviert werden kann, wenn die Schutzvorrichtung geschlossen und verriegelt ist.

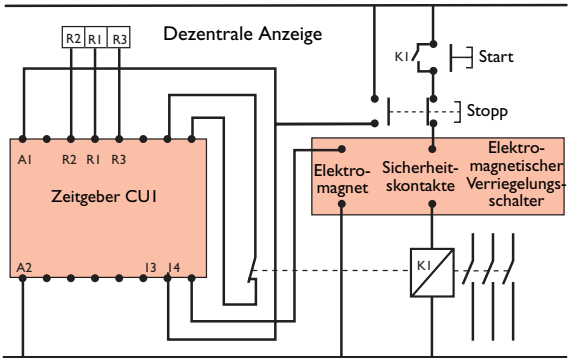


Abbildung 69

Bei der in *Abbildung 69* gezeigten Konfiguration entriegelt der Schalter die Schutzvorrichtung erst dann, wenn das Schütz den Zustand AUS eingenommen hat und eine voreingestellte Zeit verstrichen ist. Der einstellbare Zeitbereich reicht von 0,1 Sekunden bis 40 Minuten. Die längste Anhaltezeit der Maschine muss vorhersagbar und konstant sein. Sie darf nicht von Bremsverfahren abhängen, deren Wirkung im Betrieb nachlässt.

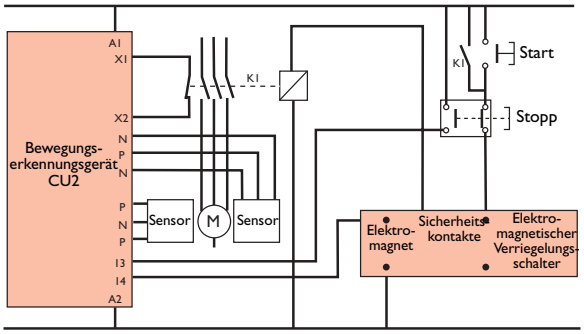


Abbildung 70

Bei der in *Abbildung 70* gezeigten Konfiguration entriegelt der Schalter die Schutzvorrichtung erst dann, wenn das Schütz den Zustand AUS eingenommen hat und jede Bewegung zum Stillstand gekommen ist.

Bei den in *Abbildung 69* und *Abbildung 70* gezeigten Systemen wird die Maschine durch ihre Betriebssteuerung entweder manuell oder automatisch angehalten. Deshalb sind diese Systeme besonders nützlich an Maschinen, bei denen ungewolltes Öffnen der Schutzvorrichtung einen plötzlichen Stopp bewirkt und zu Werkzeugschäden oder Programmverlust führen kann.

Nützliche Fragen bei der Wahl von Verriegelungsgeräten
Die folgenden Fragen helfen bei der logischen Auswahl der am besten geeigneten Verriegelungseinrichtung.

Braucht die Maschine nach dem Trennen der Spannungszufuhr eine bestimmte Zeit zum Auslaufen?
JA = Möglicherweise ist eine Schutzverriegelung mit Zeitverzögerung erforderlich.

Ist die Anhaltezeit der Maschine vorhersagbar und konstant?
NEIN = Möglicherweise ist eine bedingte Schutzverriegelung mit Bewegungserkennung erforderlich.

Ist Zugang mit dem ganzen Körper erforderlich?

JA = Möglicherweise ist eine schlüsselbetätigte Schutzverriegelung mit persönlichem Schlüssel erforderlich.

Kann ein plötzlicher Stillstand der Antriebe zu Schäden an Maschine oder Steuerung führen?
JA = Möglicherweise ist eine bedingte Schutzverriegelung erforderlich.

Ist mit Verschleiß der Schutzvorrichtung und größeren Betriebstoleranzen am Verriegelungsgerät zu rechnen?
JA = Möglicherweise ist ein berührungsloses Gerät erforderlich.

Muss das Gerät hermetisch abgedichtet sein, z.B. gegen Spritzwasser oder hohe Luftfeuchtigkeit?
JA = Möglicherweise ist ein berührungslos wirkendes Gerät erforderlich.

Ist häufiger Zugang erforderlich?
JA = Verriegelung auf der Steuerstromseite ist möglicherweise am besten geeignet.

Ist es wahrscheinlich, dass Versuche unternommen werden, das Verriegelungsgerät zu manipulieren?
JA = Möglicherweise ist ein Gerät mit erhöhtem Schutz gegen Umgehung und Fehlbedienung erforderlich.

Sicherheits-Lichtvorhänge

Sicherheits-Lichtvorhänge lassen sich als fotoelektrische Anwesenheitssensoren bezeichnen, die so gestaltet sind, dass Anlagenpersonal vor Verletzung durch gefährliche Maschinenbewegungen geschützt wird. Als sog. aktive optoelektronische Schutzgeräte (AOPD) bieten Lichtvorhänge optimale Sicherheit bei höherer Produktivität. Sie stellen eine ergonomisch günstigere Lösung dar als mechanische Schutzvorrichtungen. Sie sind ideal geeignet für Anwendungen, in denen Personen häufigen und leichten Zugang zum Arbeitsraum einer gefährlichen Maschine haben müssen.

Funktion

Sicherheits-Lichtvorhänge bestehen aus einem Sender und einem Empfänger, die eine aus mehreren Infrarotlichtstrahlen bestehende Barriere vor oder um einen Gefahrenbereich bilden. Wird einer der Lichtstrahlen durch Eindringen einer Person in das Schutzfeld unterbrochen, sendet der Steuerstromkreis des Lichtvorhangs ein Signal an die Not-Aus-Schaltung der Maschine. Sender und Empfänger können über eine Schnittstelle mit einem Steuergerät verbunden werden, das die notwendige Logik, Ausgänge, Systemdiagnose und Zusatzfunktionen (Muting, Unterdrückung, PSDI) für die jeweilige Anwendung bereitstellt. Allein installiert, arbeitet der Lichtvorhang als einfacher, steuerungszuverlässiger Schalter.

Um der Empfindlichkeit gegen Fehlauslösung durch Umgebungslicht oder Störsignale (Übersprechen) anderer optoelektronischer Geräte zu begegnen, arbeiten die LEDs im Sender mit einem frequenzmodulierten Impulsverfahren. Dabei werden die einzelnen LEDs der Reihe nach durch Impulse angesteuert, so dass ein Sender jeweils nur einen bestimmten Empfänger erreicht. Dieses Verfahren erhöht die Sicherheit, doch müssen Lichtvorhänge weitergehenden Schutz im Sinne von *Steuerungszuverlässigkeit* bieten.

Steuerungszuverlässigkeit

Steuerungszuverlässigkeit ist ein Begriff, der in der Normenreihe ANSI B11 und OSHA 1910.217 verwendet wird. Die Definition in der neuesten B11-Fassung lautet:

> „Fähigkeit der Maschinensteuerung, der Schutzeinrichtungen, sonstiger Steuerungskomponenten und Schnittstellen, bei einem Ausfall ihrer sicherheitsgerichteten Funktionen in einen sicheren Zustand überzugehen."

Der Aufbau eines Systems, das diese Anforderung erfüllt, folgt bestimmten Gestaltungsregeln. Diese unterteilen die sicherheitsgerichteten Funktionen eines Systems in Komponenten, Module, Geräte oder Systeme, die durch andere Komponenten, Module, Geräte oder Systeme überwacht oder geprüft werden können.

Die folgenden drei einfachen Begriffe helfen dabei, die Leistungsfähigkeit der Sicherheitsfunktion zu gewährleisten:

- Redundanz — Anwendung mehrerer gleicher Verfahren
- Diversität — Anwendung mehrerer ungleichartiger Verfahren
- Überwachung — Anwendung von Verifizierungsverfahren

Die Auswahl und Einbindung von Komponenten, Modulen, Geräten und Systemen, die speziell für die Verwendung in sicherheitsgerichteten Funktionen ausgelegt sind, trägt ebenfalls zum Erreichen von Funktionssicherheit bei. Ein disziplinierter Entwurfsprozess ist zum Erreichen eines vollständigen und genauen Entwurfs unabdingbar und muss angewendet werden, um das Erreichen von Steuerungszuverlässigkeit zu gewährleisten.

Bezogen auf optoelektronische Sicherheitseinrichtungen bedeutet dies, dass ein Lichtvorhangsystem in der Lage sein muss, auch bei Ausfall mehrerer Komponenten ein Stoppsignal an die Maschine zu senden. Lichtvorhänge haben zwei querüberwachte Ausgänge, die ihren Zustand ändern, wenn das Schutzfeld des Sicherheits-Lichtvorhangs durchbrochen wird. Fällt einer der Ausgänge aus, reagiert der andere Ausgang und sendet ein Stoppsignal an die gesteuerte Maschine und erkennt als Teil des querüberwachten Systems, dass der andere Ausgang seinen Zustand nicht geändert bzw. nicht reagiert hat. Das System geht dann in einen Sperrzustand über, der den Betrieb der Maschine verhindert, bis der Sicherheits-Lichtvorhang repariert ist. Zurücksetzen der Sicherheits-Lichtvorhänge oder Ausschalten und Wiedereinschalten hebt den Sperrzustand nicht auf.

Bauarten und Funktionen

Sicherheits-Lichtschranken der Serie Allen-Bradley Guardmaster fallen in drei Produktfamilien: *Arbeitsraumschutz*, *Bereichszugangsschutz* und *Umfeldzugangsschutz*.

Arbeitsraumschutz

Bei Lichtvorhängen für den Arbeitsraumschutz bildet ein Paar Optikköpfe einen Vorhang aus Infrarotlicht, der Personen den häufigen und leichten Zugang zu Gefahren im Arbeitsraum gefährlicher Maschinen ermöglicht. Diese Lichtvorhänge werden verwendet, wenn Bedienereingriffe nahe am Gefahrenbereich der Maschine erforderlich sind. Lichtvorhänge der Serie Allen-Bradley Guardmaster sind für den Arbeitsraumschutz in Strahlauflösungen von 14 mm und 30 mm für den Finger- bzw. Handschutz lieferbar.

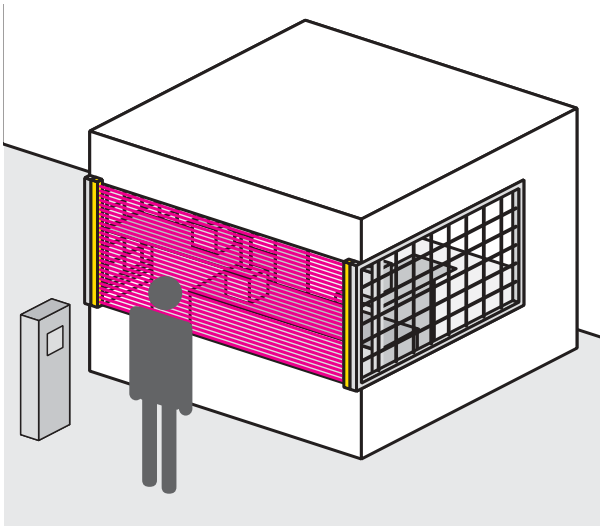


Abbildung 71: Arbeitsraumschutz

Bereichszugangsschutz

Unter einem Bereichszugangsschutz ist ein System größerer Reichweite (bis ca. 80 m) zu verstehen. Dabei kommen einzelne Sender- und Empfängerpaare zum Einsatz, um Lichtschranken für den Schutz von Roboterzellen, Transferstationen, Palettiermaschinen und Einlegemaschinen zu errichten. Durchbrechen der Lichtschranke bewirkt Anhalten der gefährlichen Maschinenbewegung. Zweistrahliger Lichtschrankenaufbau oder Umgehungsschutz von mehreren Seiten ist durch Verwendung von Eckspiegeln erreichbar.

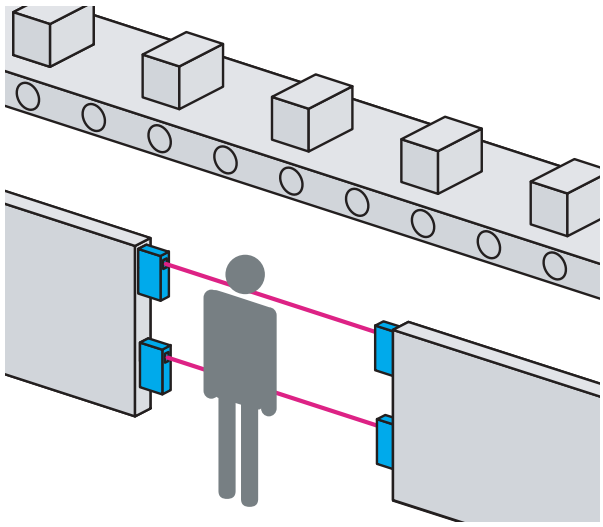


Abbildung 72: Bereichszugangsschutz

Umfeldzugangsschutz

Ein System für den Umfeldzugangsschutz besteht aus einem Sender/Empfänger-Paar zum Errichten ein- oder mehrstrahliger Lichtschranken (1, 2, 3 oder 4 Strahlen) für die Ganzkörpererkennung im Umfeld gefährlicher Maschinen. Wenn das geschützte Umfeld durchbrochen wird, sendet die Sicherheits-Lichtschranke ein Stoppsignal an die geschützte Maschine, stoppt die gefährliche Maschinenbewegung und schützt Personen vor Verletzung.

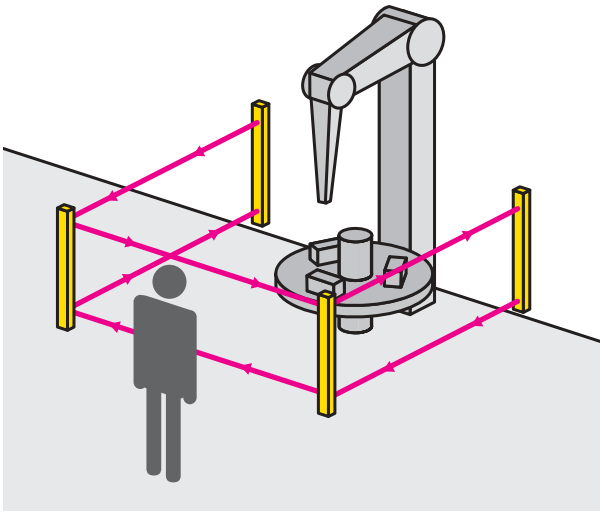


Abbildung 73: Umfeldzugangsschutz

Unterdrückung — fest und frei

Durch Unterdrückung können Teile des Schutzfelds eines Lichtvorhangs deaktiviert werden, damit Gegenstände bestimmter Geometrie und Größe, z.B. Werkstücke in einem Fertigungsprozess, den Lichtvorhang passieren können.
Handelt es sich um feststehende Objekte, z.B. Montageelemente, Vorrichtungen an Maschinen, Werkzeuge oder Förderer, steht auch der unterdrückte Teil des Lichtvorhangs fest. Diese sog. feste Unterdrückung erfordert, dass sich das Objekt immer im vorgegebenen Bereich befindet. Falls ein Strahl, der als „unterdrückt“ programmiert ist, nicht von dem feststehenden Objekt bzw. von Werkstücken blockiert wird, löst das System ein Maschinenstoppsignal aus.

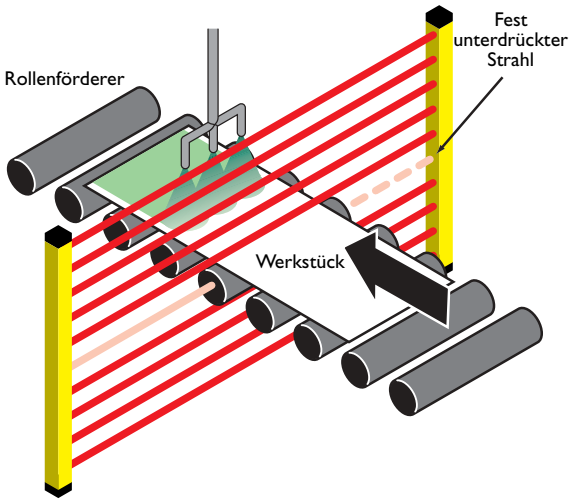


Abbildung 74: Feste Unterdrückung

Freie Unterdrückung bedeutet, dass ein Objekt (z.B. ein zugeführtes Werkstück) das Schutzfeld an beliebiger Stelle durchbrechen kann, ohne dass ein Maschinenstoppsignal ausgelöst wird. Dies wird

erreicht, indem bis zu zwei Lichtstrahlen an beliebiger Stelle im Schutzfeld deaktiviert werden. Statt ein festes Fenster zu bilden, bewegen sich die unterdrückten Strahlen frei nach oben oder unten. Je nach Anzahl der frei unterdrückten Strahlen können ein oder zwei Strahlen an beliebiger Stelle im Schutzfeld blockiert werden, ohne dass ein Stoppsignal für die geschützte Maschine ausgelöst wird.

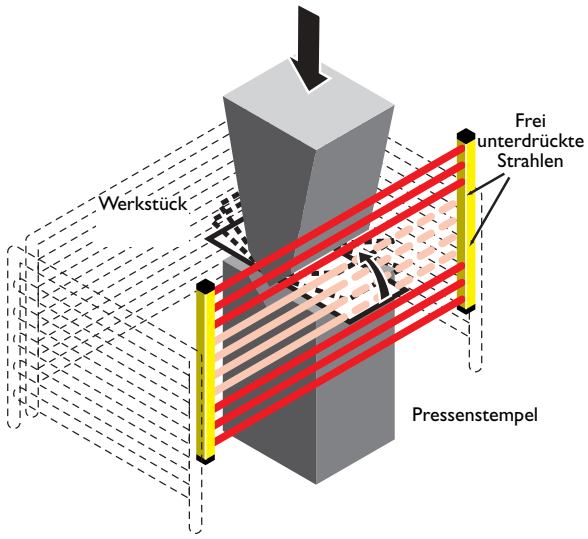


Abbildung 75: Freie Unterdrückung

Bei Lichtvorhängen mit fester oder freier Unterdrückung gelten andere Sicherheitsabstände (der Sicherheitsabstand ist der Mindestabstand des Lichtvorhangs von der Gefahrenquelle, damit ein Bediener den Gefahrenbereich nicht vor dem Stillstand der Maschine erreichen kann). Da Unterdrückung von Lichtstrahlen die Mindestgröße der erkennbaren Objekte erhöht, muss auch der Sicherheitsabstand nach der Formel zum Berechnen des Mindestsicherheitsabstands erhöht werden (siehe Berechnung des Sicherheitsabstands, Seite 1-43).

Gewollte Unterdrückung von Sicherheitsfunktionen (Muting)

Manchmal erfordert ein Prozess, dass die Maschine anhält, wenn Personen den Bereich betreten; beim automatischen Zuführen von Material soll die Maschine jedoch weiterlaufen. In einem solchen Fall ist eine Unterdrückung der Sicherheitsfunktionen (Muting) notwendig.

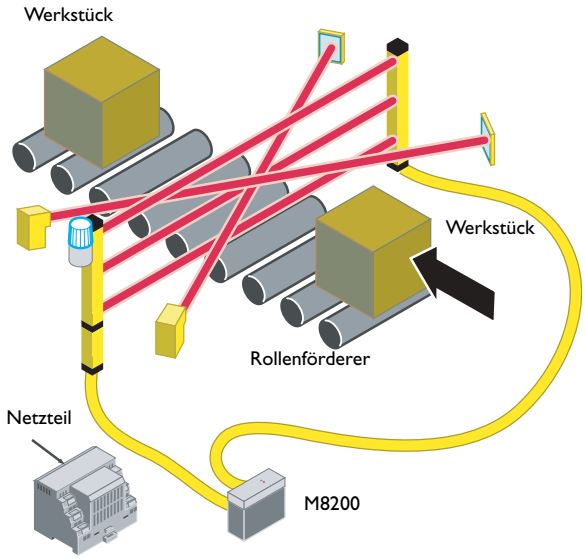


Abbildung 76: Muting

Muting erfordert einen Lichtvorhang, zwei oder vier Muting-Sensoren und ein Steuergerät, das bestimmt, ob und wann die Muting-Funktion zu aktivieren ist. Die Muting-Sensoren werden vor und hinter dem Lichtvorhang angeordnet, und nur eine bestimmte Kombination von Sensorsignalen löst die Muting-Funktion aus. Beispiel: Wenn die beiden Sensoren vor dem Lichtvorhang innerhalb eines bestimmten Zeitraums ihren Zustand ändern, schaltet der Lichtvorhang auf Muting. Die Muting-Sensoren müssen weit genug voneinander entfernt angebracht sein, damit keine Personen den Bereich betreten können und beide Muting-Sensoren gleichzeitig und lange genug auslösen, dass die Muting-Funktion des Lichtvorhangs aktiviert wird.

ANSI B11.19 definiert die Sicherheitsanforderungen für das bestimmungsgemäße Abschalten einer Sicherheitsfunktion (Muting).

> „Die Unterdrückung von Sicherheitsfunktionen des Geräts ist nur während des gefahrlosen Teils eines Maschinenarbeitsspiels zulässig. Die Unterdrückung der Sicherheitsfunktion eines Geräts ist so zu gestalten, dass ein einfacher Ausfall einer Komponente, einer Unterbaugruppe oder eines Moduls des Systems / Geräts, der das Verhalten der sicherheitsgerichteten Funktionen beeinträchtigt, die Veranlassung eines normalen Stoppbefehls nicht verhindern darf, andernfalls wird ein sofortiger Stoppbefehl ausgelöst. Bei einem Ausfall muss Wiederanlauf der Maschine verhindert werden, bis der Fehler behoben ist oder das System oder Gerät von Hand zurückgesetzt wird."

Beispiel: Ein einfacher nockenbetätigter Endschalter, der mit dem Ausgang des Geräts parallel geschaltet ist, reicht nicht aus. Ein Ausfall des Nockenschalters wird nicht erkannt.

Bereichsüberwachung

Auslöse- und Objekterkennungsgeräte

Bei der Entscheidung, wie ein Gefahrenbereich geschützt werden soll, muss genau bekannt sein, welche Sicherheitsfunktionen erforderlich sind.
Dies sind normalerweise mindestens zwei Funktionen.

- Ausschalten oder Deaktivieren des Maschinenantriebs, wenn eine Person den Gefahrenbereich betritt.
- Verhindern des Einschaltens oder Aktivierens des Maschinenantriebs, wenn sich eine Person im Gefahrenbereich befindet.

Auf den ersten Blick scheinen diese Funktionen identisch zu sein. Tatsächlich handelt es sich aber um zwei verschiedene Funktionen, obwohl sie offensichtlich miteinander verknüpft sind und oft durch die gleichen Geräte erreicht werden.

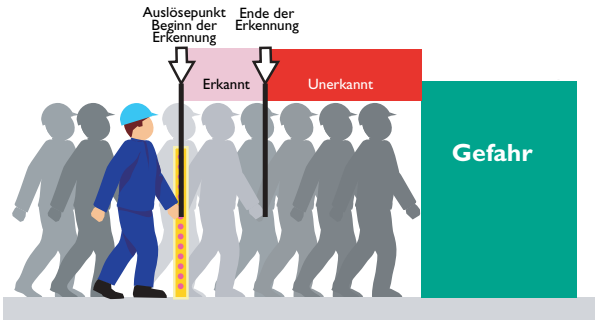


Abbildung 77

Zum Erreichen der ersten Funktion wird eine Auslösevorrichtung benötigt. Damit ist ein Gerät gemeint, das erkennt, wenn ein Teil einer Person einen bestimmten Punkt überschreitet und ein Signal zum Ausschalten des Maschinenantriebs auslöst. Kann die Person über diesen Auslösepunkt hinaus weiter vordringen und wird ihre Anwesenheit nicht mehr erkannt, gilt die zweite Funktion (Verhindern des Einschaltens) als nicht erreicht.

Bei Anwendungen mit möglichem Ganzkörperzugang haben z.B. folgende Geräte diese Eigenschaften: vertikale Lichtvorhänge, Einzelstrahl-Sicherheitslichtschranken, berührungsempfindliche Schaltleisten, Teleskopantennenschalter. Auch eine sicherheitsverriegelte Schutztür kann normalerweise nur als Auslösegerät angesehen werden, da (sofern nicht besondere Vorkehrungen getroffen werden, z.B. Schlüsselzugangssysteme) normalerweise das Schließen der Tür nach dem Betreten des Gefahrenbereichs nicht verhindert wird.

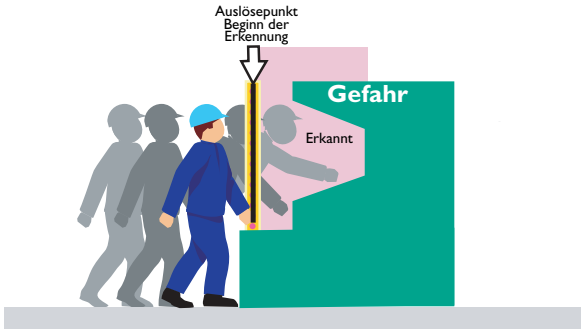


Abbildung 78

Ist kein Ganzkörperzugang möglich, so dass eine Person nicht über den Auslösepunkt hinausgelangen kann, wird ihre Anwesenheit immer erkannt, und die zweite Funktion (Verhindern des Einschaltens) ist erreicht.

Bei diesen Anwendungsarten wird das Auslösen und das Erkennen der Anwesenheit von den gleichen Geräten übernommen. Der einzige Unterschied besteht in der Art der Anwendung.

Falls Ganzkörperzugang über den Auslösepunkt hinaus möglich ist, kann es notwendig sein, jenseits des Auslösepunkts und in der gesamten zugänglichen Gefahrenzone die Anwesenheit einer Person zu erkennen. Es wird also ein Gerät zur Anwesenheitserkennung in einem Bereich benötigt.

Beispiele für Geräte zur Anwesenheitserkennung in einem Bereich sind druckempfindliche Matten, Laserscanner oder horizontale Lichtvorhänge.

Es kann ein Gerät eingesetzt werden, das Umfeldauslösung und Anwesenheitserkennung kombiniert, oder es wird ein separates Gerät innerhalb des Auslöse- oder Schutzfelds angeordnet.

Ein Bereichsschutzgerät fungiert auch als Auslösegerät, wenn sein Schutzfeld erstmals betreten wird (siehe Beispiel unten).

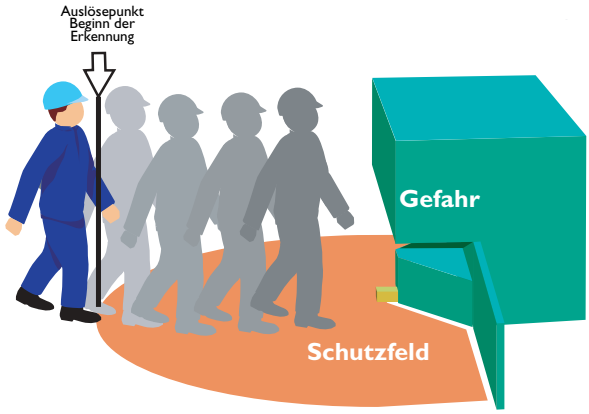


Abbildung 79

Laserscanner

Beim ersten Schritt in das Schutzfeld wird die Energiezufuhr der gefährlichen Maschine abgeschaltet. Die nachfolgenden Schritte verhindern das Einschalten oder Freigeben der Energiezufuhr. Für Auslösevorrichtungen und Anwesenheitserkennungsgeräte, die zugleich als Auslösevorrichtungen fungieren, gilt die Berechnung des Sicherheitsabstands (s.u.).

Es bestehen zwei grundlegende Anforderungen:

- Es darf kein Zugang zum Gefahrenbereich möglich sein, ohne das Gerät auszulösen.
- Das Gerät muss in ausreichendem Abstand angeordnet sein, damit eine Person den Gefahrenbereich nicht erreichen kann, bevor die Maschine zum Stillstand gekommen ist und sich damit in einem sicheren Zustand befindet. Dies bedeutet, dass der kürzeste Abstand zwischen der Grenze des vom Gerät abgedeckten Schutzfelds und dem Gefahrenbereich mindestens der Sicherheitsabstandsformel entsprechen muss.

Alternativ kann es möglich sein, den Gefahrenbereich auf eine Weise zu schützen, dass der Sicherheitsabstand nicht das alleinige Kriterium ist. Hierzu kommen normalerweise mechanische Sicherheitseinrichtungen mit verriegelter Schutztür zur Anwendung. Die Schutztür kann erst entriegelt werden, wenn sich die Maschine in einem sicheren Zustand befindet.

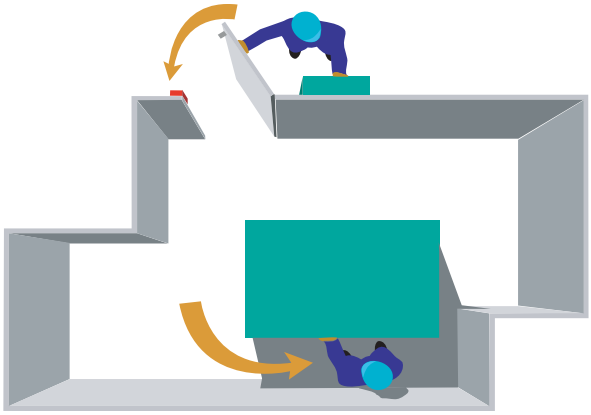


Abbildung 80

Eine Risikobeurteilung könnte zu dem Ergebnis kommen, dass eine Person, die den Schutzbereich betreten hat, nicht mehr sichtbar ist.

Die Schutztür könnte geschlossen und die Maschine von einer anderen Person eingeschaltet werden. Eine Möglichkeit, diese Situation zu vermeiden, ist die Erkennung der Anwesenheit von Personen im gesamten Schutzbereich. Durch diese Methode lässt sich Raum sparen, allerdings normalerweise auf Kosten der Zugänglichkeit für Gabelstapler usw.

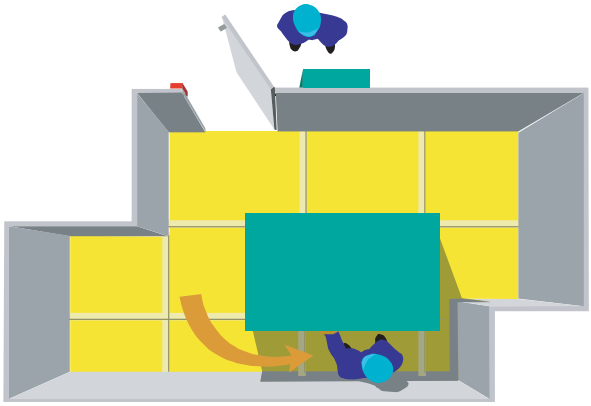


Abbildung 81

Wird zu diesem Zweck ein Gerät zur Anwesenheitserkennung eingesetzt, braucht es nicht den Anforderungen der Norm EN 999 hinsichtlich Größe und Anordnung zu entsprechen. Es bleibt jedoch die grundlegende Anforderung, dass es nicht möglich sein darf, den Gefahrenbereich zu erreichen, ohne das Gerät auszulösen.

Die Bewegung einer Person löst das Gerät aus. Das Gerät muss den umschlossenen Bereich vollständig erfassen. Typische Geräte sind druckempfindliche Matten, horizontale Lichtvorhänge oder Lichtgitter, Laserscanner.

Die Auswahl des Gerätetyps richtet sich danach, dass die Eigenschaften des Geräts auf die Eigenschaften der Anwendung abgestimmt werden müssen.

In manchen Fällen bewegt sich nicht der Bediener auf die Gefahr zu, sondern die Gefahr bewegt sich auf den Bediener zu, z.B. bei elektrisch angetriebenen Türen. In diesem Fall muss an der Vorderkante der Gefahr eine nachgiebige Sensorleiste angebracht werden. Wenn eine Person mit der Sensorleiste in Berührung kommt, wird die Bewegung gestoppt, bevor es zu einer Verletzung kommt.

In diesem Fall sind das Nachlaufen des Antriebs und die Anhaltezeit der Bewegung kritisch. Sensorleisten können wirksamen Schutz für viele problematische Gefahren bieten, wie Scheren und Quetschen. Sie sind auch sehr nützlich als Allzweckauslöser.

Initialisierung von Geräten für die Objekterkennung (PSDI)

Das PSDI-Verfahren ermöglicht es, einen Lichtvorhang nicht nur als Sicherheitsgerät, sondern auch als Steuerelement für den Maschinenbetrieb zu nutzen. PSDI startet ein Maschinenarbeitsspiel anhand der Anzahl der Schutzauslösungen. Beispiel: Wenn ein Bediener sich dem Gefahrenbereich nähert, um ein Werkstück einzulegen, wird durch das Unterbrechen der Lichtstrahlen sofort die Maschine angehalten bzw. der Wiederanlauf der Maschine verhindert, bis der Bediener seine Hand aus dem Bereich genommen hat. Daraufhin beginnt die Maschine automatisch mit dem nächsten Arbeitsspiel. OSHA 1910.217 (h) definiert speziell die Applikationsanforderungen und Einschränkungen für den Einsatz von PSDI an mechanischen Pressen.

Einsatz von Sicherheits-Lichtvorhängen

Zum Bestimmen des für die jeweilige Anwendung geeigneten Lichtvorhangs muss:

1. jede einzelne Gefahr an der zu schützenden Maschine identifiziert werden
2. geklärt werden, ob die Maschine an einem beliebigen Punkt ihres Hubs oder Arbeitsspiels angehalten werden kann
3. geklärt werden, was geschützt werden muss: Finger, Hand, Extremität, Rumpf
4. der Sicherheitsabstand berechnet werden
5. Ausdehnung des Lichtvorhangs — Personen dürfen den Gefahrenbereich nicht erreichen können, indem sie den Lichtvorhang oben, unten oder seitlich umgehen.

Die Schritte 1-3 des Auswahlprozesses basieren auf den Ergebnissen der Risikobeurteilung, wie im Abschnitt „Sicherheitsgrundsätze“ beschrieben (siehe Seite 1-17).

Berechnen des Sicherheitsabstands

Beim Installieren eines Sicherheits-Lichtvorhangs muss ein sicherer Mindestabstand zwischen Lichtvorhang und Gefahrenstelle berechnet werden. Der Abstand zwischen Gefahrenstelle und Lichtvorhang muss so groß sein, dass der Bediener die Gefahr (bezogen auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Teilen des menschlichen Körpers) nicht erreichen kann, bevor die Maschine zum Stillstand gekommen ist.
In den USA werden zwei Formeln zum Berechnen des Sicherheitsabstands angewendet. Die erste Berechnungsformel nach OSHA ergibt die Mindestanforderung für den Sicherheitsabstand. Die zweite, von Rockwell Automation empfohlene Formel, ist die ANSI-Formel, die beim Berechnen des Sicherheitsabstands zusätzliche Faktoren berücksichtigt.

Berechnungsformel für Sicherheitsabstand nach OSHA

Die OSHA-Formel für den Sicherheitsabstand gemäß CFR Subpart O 1910.217 lautet wie folgt:

$$Ds = 63 \times T_s$$

Dabei sind:

D_s Sicherheitsabstand

63 von OSHA empfohlene Handgeschwindigkeitskonstante in Zoll pro Sekunde

T_s Gesamtanhaltezeit aller Geräte im Sicherheitsschaltkreis, gemessen in Sekunden. Dieser Wert muss alle Komponenten beinhalten, die am Stillsetzen der gefährlichen Maschinenbewegung beteiligt sind. Bei einer mechanischen Presse ist dies die bei etwa 90º Exzenterwellendrehung gemessene Anhaltezeit.

Anmerkung: Der Wert T_s muss die Reaktionszeiten *aller* Geräte enthalten, einschließlich der Reaktionszeit des Sicherheits-Lichtvorhangs, des Lichtvorhang-Steuergeräts (falls verwendet), des Maschinen-Steuerstromkreises und anderer Geräte, die am Anhalten der gefährlichen Maschinenbewegung beteiligt sind. Bleibt die Reaktionszeit eines oder mehrerer Geräte beim Berechnen der Anhaltezeit unberücksichtigt, führt dies zu einem ungenügenden Sicherheitsabstand für die Anwendung. Dies kann zu Verletzungen von Bedienern führen.

Berechnungsformel für Sicherheitsabstand nach ANSI

Die ANSI-Berechnung des Sicherheitsabstands für Lichtvorhänge gemäß B11.1-1988 und B11.19-1990 lautet wie folgt:

$$D_s = K \times (T_s + T_c + T_r + T_{bm}) + D_{pf}$$

Dabei sind:

D_s Mindestsicherheitsabstand zwischen Gefahrenzone und Lichtvorhang (Zoll)

K 63 Zoll/Sekunde (empfohlen). Handgeschwindigkeitskonstante gemäß Definition in ANSI B11.19-1990: *„…die Handgeschwindigkeitskonstante K wurde durch verschiedene Studien bestimmt, doch die dabei ermittelten Geschwindigkeiten von 63 Zoll/Sekunden bis über 100 Zoll/Sekunden werden nicht als endgültige Festlegungen betrachtet. Der Anwender muss beim Bestimmen des Werts von K alle Faktoren berücksichtigen, einschließlich der körperlichen Fähigkeit des Bedieners."*

T_s Anhaltezeit der Maschine (in Sekunden), gemessen bei ca. 90º Exzenterwellendrehung (ermittelt mit Messgerät).

T_c Reaktionszeit (in Sekunden) des Steuerstromkreises zum Stillsetzen der Maschine (ermittelt mit Messgerät).

T_r Reaktionszeit des Lichtvorhang (in Sekunden, wie angegeben).

T_{bm} Zusätzliche Anhaltezeit, bedingt durch die Reaktionszeit eines Bremsenwächters. Ist kein Bremsenwächter verfügbar, muss ein Prozentfaktor addiert werden, um verschleißbedingtes Nachlassen der Wirkung des Bremssystems zu berücksichtigen. Bei neuen Bremsen wird ein Faktor von 20 %, bei älteren Bremsen ein Faktor von 10 % empfohlen.

D_{pf} Zusätzlicher Abstand basierend auf dem Eindringtiefenfaktor (siehe Tabelle 10 in 1910.217). Wenn die Mindestgröße eines vom Lichtvorhang erfassten Objekts bekannt ist, kann die mögliche Eindringtiefe eines Objekts in das Schutzfeld vor dem Auslösen eines Stoppsignals durch den Lichtvorhang bestimmt werden.

Beispiel: Bei Verwendung der ANSI-Formel, einer Reaktionszeit des Lichtvorhangs (**T_r**) von 15 ms, einer Anhaltezeit der Maschine (**T_s**+**T_c**) von 180 ms, einer Reaktionszeit des Bremsenwächters (**T_{bm}**) von 40 ms und einer Eindringtiefe von 3,2 Zoll sieht die Berechnung wie folgt aus (die Handgeschwindigkeitskonstante **K** ist durch OSHA auf 63 Zoll pro Sekunde festgelegt):

$D_s = K \times (T_s + T_c + T_r + T_{bm}) + D_{pf}$
$D_s = 63 \times (0{,}180 + 0{,}015 + 0{,}040) + 3{,}2$∃
$D_s = 63 \times (0{,}235) + 3{,}2$∃
$D_s = 14{,}805 + 3{,}2$∃
$D_s = 18{,}00$∃

Der sichere Mindestabstand des Sicherheits-Lichtvorhangs vom Gefahrenbereich beträgt also 18 Zoll.

Berechnungsformel für Sicherheitsabstand nach EN 999

EN 999 ist die Europäische Norm für die Anordnung von Schutzeinrichtungen hinsichtlich der Annäherungsgeschwindigkeit von Körperteilen. Die Anwendung dieser Norm empfiehlt sich für Maschinen, die in Europa verkauft oder betrieben werden sollen. Ähnlich wie die ANSI-Formel lautet die Formel nach EN 999 wie folgt:

$$S = (K \times T) + C$$

Dabei sind:

S Mindestabstand in mm zwischen Gefahrenzone und Öffnungskante des Lichtvorhangs.

K 1600 (empfohlen). Dieser Parameter basiert auf Forschungsergebnissen, die zeigen, dass eine angenommene Annäherungsgeschwindigkeit des Bedieners von 1600 mm pro Sekunde realistisch ist. Die Umstände der tatsächlichen Applikation sind zu berücksichtigen. Als allgemeine Richtlinie kann gelten, dass die Annäherungsgeschwindigkeit zwischen 1600 und 2500 mm/s variiert.

T Gesamtanhaltezeit des Systems, d.h. Gesamtzeit in Sekunden vom Auslösen des Anhaltesignals bis zum Stillstand der gefährlichen Maschinenteile.

C Zusätzlicher Abstand in Millimetres, basierend auf der möglichen Eindringtiefe in Richtung zum Gefahrenbereich. Dieser Wert hängt davon ab, ob es möglich ist, über, um oder durch den Lichtvorhang zu greifen, bevor die Schaltkontakte öffnen. Die Normen EN 294 und

EN 811 enthalten weitere Informationen zum Berechnen von Greifabständen.

Beispiel: Mit den gleichen Messwerten (umgerechnet in mm) wie in der ANSI-Berechnung oben ergibt die Gleichung nach EN 999:

S = (K x T) + C
S = (1600 x 0,235) + 81,28
S = (376) + 81,28
S = 457,28 mm

Nach EN 999 beträgt der sichere Mindestabstand für die gleiche Anwendung 457,28 mm.

Störungen durch reflektierende Oberflächen und andere optoelektronische Geräte

Wenn sich reflektierende Oberflächen (glänzende/polierte Metalle, Folien, glänzend lackierte Flächen usw.) im Nahbereich optoelektronischer Geräte wie Lichtvorhänge befinden, ist das System anfällig für Fehler durch Ablenkung der optischen Strahlen. Eine solche Situation kann dazu führen, dass der Lichtvorhang einen Gegenstand oder eine Person im Schutzfeld nicht erfasst.

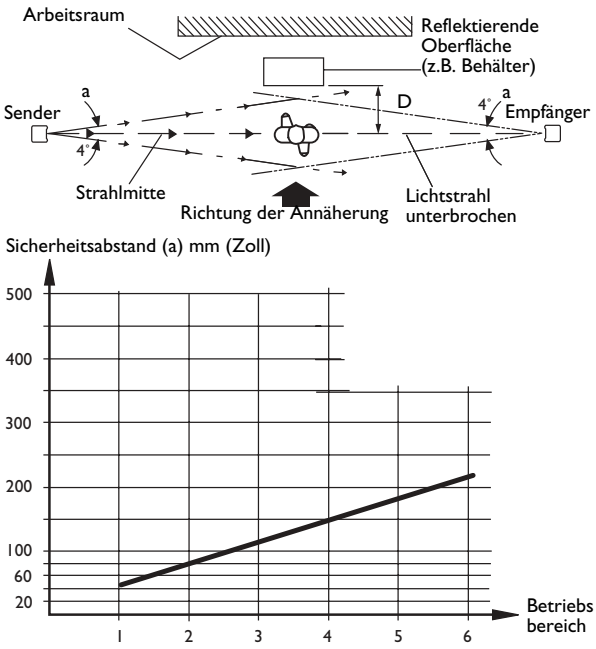


Abbildung 82: Ausrichtung/Abstand bei Arbeitsraumschutz

Beim Installieren von Lichtvorhängen kann das Störpotential berechnet werden, um den Mindestabstand zwischen Lichtvorhang und reflektierender Oberfläche zu bestimmen. Als allgemeine Regel gilt, dass reflektierende Oberflächen sich nicht innerhalb des Strahlwinkels von Sender oder Empfänger des Lichtvorhangs befinden dürfen, wobei Fehlausrichtungen zu berücksichtigen sind. Die Formel lautet wie folgt:

D = R/2 (tan 2a)

Dabei sind:

D Abstand zur reflektierenden Oberfläche (ungünstigster Fall)

R Abstand zwischen Sender und Empfänger des Lichtvorhangs

a Winkel der zulässigen Fehlausrichtung (Ablenkungswinkel), wie in den technischen Daten des jeweiligen Lichtvorhangs angegeben

Auch andere optoelektronische Geräte in der Nähe des Sicherheits-Lichtvorhangs sind zu berücksichtigen. Es besteht die Möglichkeit, dass Lichtvorhänge sich gegenseitig stören oder „übersprechen“.

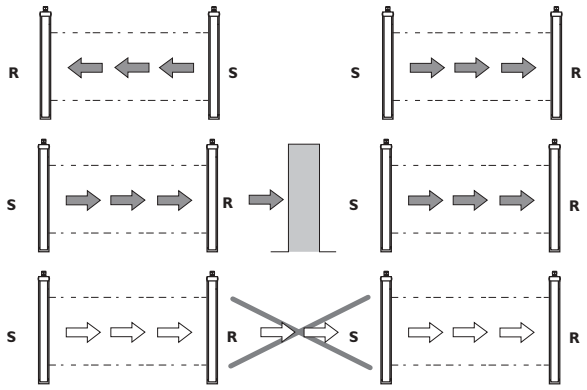


Abbildung 83: Mehrfacher Arbeitsraumschutz

US-Sicherheitsvorschriften

Dieser Abschnitt stellt einige US-amerikanische Vorschriften für Sicherheitseinrichtungen an industriellen Maschinen vor. Dies ist nur einer von vielen möglichen Ansatzpunkten. Die Anforderungen für die jeweiligen Anwendungen müssen im Einzelfall eingehender untersucht werden. Durch geeignete Maßnahmen ist sicherzustellen, dass die Verfahren für Entwurf, Betrieb und Instandhaltung sowohl den eigenen Bedürfnissen als auch den nationalen und lokalen Vorschriften und Normen entsprechen.
In den USA gibt es eine Vielzahl von Organisationen zur Förderung der technischen Sicherheit. Hierzu gehören:

1. Unternehmen, die sich nach bestehenden Anforderungen richten und auch eigene interne Anforderungen formulieren;
2. Occupational Safety and Health Administration (OSHA): US-amerikanische Verwaltung für sichere und gesunde Bedingungen am Arbeitsplatz;
3. Industrieorganisationen, z.B. National Fire Protection Association (NFPA) für Brandschutz, Robotics Industries Association (RIA) für Robotertechnik und the Association of Manufacturing Technology (AMT) für Fertigungstechnik; dazu Lieferanten sicherheitstechnischer Produkte und Lösungen wie Rockwell Automation.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

In den Vereinigten Staaten ist die Occupational Safety and Health Administration (OSHA) eine der wichtigsten Institutionen zur Durchsetzung sicherheitstechnischer Anforderungen. Die OSHA wurde 1970 per Gesetz vom US-Kongress ins Leben gerufen. Zweck dieses Gesetzes ist es, sichere und gesunde Arbeitsbedingungen zu schaffen und Menschen an ihrem Arbeitsplatz zu schützen. Die OSHA bewältigt diese Aufgabe durch Herausgeben von Vorschriften im Bundesgesetzblatt der USA (Title 29 CFR). Normen für industrielle Maschinen werden durch die OSHA in Teil 1910 von 29 CFR veröffentlicht. Tabelle 5 ist eine Liste der Normen für bestimmte Maschinen.

Abschnitt	Bezeichnung
1910.212	Allgemeine Anforderungen für alle Maschinen
1910.213	Holzbearbeitungsmaschinen
1910.214	Böttchereimaschinen
1910.215	Schleifmaschinen
1910.216	Mahlwerke und Kalander in der Gummi- und Kunstoffindustrie
1910.217	Weggebundene Pressmaschinen
1910.218	Schmiedemaschinen
1910.219	Mechanische Kraftübertragungseinrichtungen

Tabelle 6

Wo möglich, verkündigt die OSHA nationale Konsensnormen oder bestehende Bundesnormen als Sicherheitsnormen. Die Muss-Bestimmungen der Normen haben die gleiche Kraft und Wirkung wie die Normen in Teil 1910 von 29 CFR. Zum Beispiel ist die nationale Konsensnorm NFPA 70 ein Referenzdokument in Anhang A von *Subpart S-Electrical of Part 1910 of 29 CFR*. NFPA 70 ist eine Norm der Brandschutzorganisation National Fire Protection Association (NFPA). NFPA 70 ist auch als *National Electric Code* (NEC) bekannt und enthält Vorschriften für die Elektrotechnik. Alle NEC-Anforderungen erhalten durch OSHA ebenfalls obligatorischen Charakter.

Im Hinblick auf Sicherheits-Lichtvorhänge werden Normen entweder als Anwendungsnormen oder als Ausführungsnormen kategorisiert. Anwendungsnormen legen fest, wie ein Lichtvorhang bei Maschinen anzuwenden ist. Beispiele sind ANSI B11.1 (Informationen zum Einsatz von Sicherheitseinrichtungen an Pressmaschinen) und ANSI/RIA R15.06 (Lichtvorhänge als Sicherheitseinrichtungen für Roboter). Ausführungsnormen enthalten Einzelheiten zu Entwurf und Konstruktion von Objekterkennungsgeräten in Sicherheitsanwendungen. IEC 61496 (Sicherheit von Maschinen – Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen) behandelt allgemeine Anforderungen für Lichtvorhänge und fotoelektrische Sensoren in sicherheitstechnischen Anwendungen.

Es folgen ausgewählte OSHA-Normen und Auslegungen des US-amerikanischen Industrieverbands *Precision Metalforming Association* (PMA) im Hinblick auf Sicherheitstechnik an Maschinen und Sicherheits-Lichtvorhänge:

OSHA 1910.217(b)(7) — Schwungradkupplung, Bedienelemente

(7) Maschinen mit Schwungradkupplungen.

(i) Die Kupplung muss ausgerückt und die Bremse angezogen werden, wenn das äußere Kupplungseinrückelement entfernt, deaktiviert oder stromlos wird.

(ii) An der Steuerung für Kupplung/Bremse muss ein roter Aus-Schalter vorhanden sein. Tastbetätigung des Aus-Schalters muss sofortiges Deaktivieren der Kupplung und Anziehen der Bremse bewirken. Der Aus-Schalter muss alle anderen Bedienelemente übersteuern, und erneutes Aktivieren der Kupplung muss den Gebrauch des gewählten Betätigungselements (Auslösen) erfordern.

OSHA 1910.217(b)(13) — Steuerungszuverlässigkeit

(13) Steuerungszuverlässigkeit. Wenn durch Absatz (c)(5) dieses Abschnitts gefordert, muss die Steuerung so konstruiert sein, dass ein Ausfall innerhalb des Systems nicht den normalen Stillsetzvorgang verhindert, sondern einen Folgehub der Presse verhindert, bis der Ausfall behoben ist. Der Ausfall muss durch einen einfachen Test erkennbar sein oder von der Steuerung angezeigt werden. Diese Anforderung gilt nicht für diejenigen Elemente der Steuerung, die keine Auswirkung auf den Schutz gegen Verletzungen im Arbeitsraum haben.

OSHA 1910.217(b)(14) — Überwachung des Bremssystems

(14) Überwachung des Bremssystems. Wenn durch Absatz (c)(5) dieses Abschnitts gefordert, muss der Bremsenwächter den folgenden Anforderungen entsprechen:

(i) Die Konstruktion muss so ausgeführt sein, dass automatisch ein Folgehub verhindert wird, wenn sich die Anhaltezeit oder der Bremsweg bis zu einem Punkt verlängert, an dem der vorgesehene Sicherheitsabstand nicht den Anforderungen in Absatz (c)(3)(iii)(e) oder (c)(3)(vii)(c) dieses Abschnitts entspricht. Der in Verbindung mit Typ-B-Türen oder beweglichen Barrieren eingesetzte Bremsenwächter muss so installiert sein, dass ein Überlaufen der oberen Stößelwegbegrenzung über die normale vom Betreiber festgelegte Grenze hinaus erkannt wird.

(ii) Installation an einer Presse, um zu melden, wenn sich die Leistungsfähigkeit des Bremssystems bis zu dem in Absatz (b)(14)(i) dieses Abschnitts beschriebenen Ausmaß verringert hat; und

(iii) Konstruktion und Installation auf eine Weise, dass die Leistungsfähigkeit des Bremssystems bei jedem Hub überwacht wird.

OSHA 1910.217(c) – Schutz des Arbeitsraums

(1) Allgemeine Anforderungen.

(i) Es liegt in der Verantwortung des Betreibers, den Gebrauch von Schutzvorrichtungen für den Arbeitsraum bzw. ordnungsgemäß angebrachte und justierte Arbeitsraum-Schutzgeräte für jedem von einer weggebundenen Pressmaschine ausgeführten Arbeitsgang zu gewährleisten (siehe Tabelle 0–10).

(ii) Die Anforderung von Gliederungspunkt (i) dieses Absatzes gilt nicht, wenn die Öffnung des Arbeitsraums ein Viertelzoll oder weniger misst (siehe Tabelle 0–10).

Tabelle O-10 [aus OSHA 1910.217 (f)(4)]

Abstand von Gefahr in Öffnung des Arbeitsraum (Zoll)	Maximalbreite der Öffnung (Zoll)
1/2 bis 1-1/2	1/4
1-1/2 bis 2-1/2	3/8
2-1/2 bis 3-1/2	1/2
3-1/2 bis 5-1/2	5/8
5-1/2 bis 6-1/2	3/4
6-1/2 bis 7-1/2	7/8
7-1/2 bis 12-1/2	1-1/4
12-1/2 bis 15-1/2	1-1/2
15-1/2 bis 17-1/2	1-7/8
17-1/2 bis 31-1/2	2-1/8

OSHA 1910.217 (c)(3) — Arbeitsraum-Schutzgeräte

(i) Arbeitsraum-Schutzgeräte müssen den Bediener schützen durch:

(a) Verhindern und/oder Anhalten des normalen Pressenhubs, wenn sich die Hände des Bedieners unbeabsichtigterweise im Arbeitsraum befinden.

OSHA 1910.217 (c)(3)(iii) — Anwesenheitserkennungsgerät

(iii) Ein Anwesenheitserkennungsgerät für den Arbeitsraum muss den Bediener schützen, wie in Absatz (c)(3)(i)(a) dieses Abschnitts ausgeführt, und mit dem Steuerstromkreis sicherheitsverriegelt sein, um die Stößelbewegung zu verhindern oder anzuhalten, falls sich eine Hand oder ein anderer Körperteil des Bedieners während des Abwärtshubs des Pressenstößels innerhalb des Schutzfelds des Geräts befindet.

(a) Das Gerät darf nicht an Maschinen mit Vollumdrehungskupplung eingesetzt werden.

(b) Das Gerät darf nicht als Auslösevorrichtung für die Stößelbewegung genutzt werden, außer wenn dies in vollständiger Übereinstimmung mit Absatz (h) dieses Abschnitts geschieht.

(c) Das Gerät darf muss so konstruiert sein, dass ein Ausfall innerhalb des Systems nicht den normalen Stillsetzvorgang verhindert, sondern einen Folgehub verhindert, bis der Ausfall behoben ist. Der Ausfall muss vom System angezeigt werden.

(d) Eine Unterdrückung der Schutzfunktion solcher Geräte (Muting) während des Hubs des Pressenstößels ist zulässig zum Zweck des Werkstückauswurfs, der Stromkreisüberprüfung und der Materialzuführung.

(e) Der Sicherheitsabstand (D(s)) vom Schutzfeld zum Arbeitsraum mus größer sein als der nach folgender Formel bestimmte Abstand:

D(s) = 63 Zoll/Sekunde X T(s)

Dabei sind:

$\mathbf{D_s}$ = Mindest-Sicherheitsabstand (Zoll);

63 Zoll/Zoll = Handgeschwindigkeitskonstante; und

$\mathbf{T_s}$ = Anhaltezeit der Presse gemessen bei ca. 90° Kurbelwellendrehung (Sekunden).

(f) Für alle Zugangsbereiche des Arbeitsraums, die nicht durch das Anwesenheitserkennungsgerät geschützt werden, sind Schutzvorrichtungen zu verwenden.

OSHA 1910.217 (c)(5) Zusätzliche Anforderungen für Sicherheitseinrichtungen

Wo der Bediener Werkstücke einlegt oder entnimmt, indem er eine oder beide Hände in den Arbeitsraum bringt, und eine Zweihandschaltung, Anwesenheitserkennung mit Typ-B-Tür oder bewegliche Barriere (an Teilumdrehungskupplung) als Sicherheitseinrichtungen eingesetzt werden, gilt:

(i) Der Betreiber muss eine Steuerung und einen Bremsenwächter einsetzen, die den Absätzen (b) (13) und (14) dieses Abschnitts entsprechen. Diese Anforderung muss ab dem 1. November 1975 erfüllt werden.

(ii) Die Ausnahme in Absatz (b)(7)(v)(d) dieses Abschnitts für vor dem 31. August 1971 hergestellte und installierte Zweihandschaltungen gilt nicht laut diesem Absatz (c)(5).

(iii) Die Steuerung von Maschinen mit pneumatischer Kupplung muss so ausgelegt sein, dass eine erhebliche Verlängerung der normalen Anhaltezeit innerhalb des Mechanismus des Betätigungsventils verhindert wird; wenn eine Teilumdrehungskupplung eingesetzt wird, darf weiterer Betrieb bei einem solchen Ausfall nicht möglich sein. Die Ausnahme in Absatz (b)(7)(xi) dieses Abschnitts für vor dem 31. August 1971 hergestellte und installierte Steuerungen gilt nicht laut diesem Absatz (c)(5).

OSHA 1910.217(e) Prüfung, Wartung und Umbau von Pressen

(1) Prüf- und Wartungsnachweise.

(i) Es liegt in des Verantwortung des Betreibers, ein Programm für regelmäßige Prüfungen seiner Pressmaschinen aufzustellen, um zu gewährleisten, dass sich alle deren Teile, Hilfsgeräte und Sicherheitseinrichtungen in einem sicheren Betriebszustand befinden und richtig eingestellt sind. Der Betreiber muss Aufzeichnungen über diese Prüfungen führen, darin müssen folgende Angaben enthalten sein: Datum der Prüfung, Unterschrift des Prüfers, und Seriennummer oder eine andere Kennzeichnung der geprüften Pressmaschine.

(ii) Jede Presse ist mindestens wöchentlich zu prüfen, um den Zustand von Kupplungs-/Bremsmechanismus, Wiederholsperre und Einzelhubmechanismus zu bestimmen. Notwendige Wartungs- oder Reparaturarbeiten müssen vor Betrieb der Presse durchgeführt werden und abgeschlossen sein. Der Betreiber hat Aufzeichnungen über diese Prüfungen und ausgeführte Wartungsarbeiten zu führen. Diese Anforderungen gelten nicht für Pressen, die den Absätzen (b)(13) und (14) dieses Abschnitts entsprechen. Der Betreiber hat Nachweise über Prüf- und Wartungsarbeiten zu führen, worin folgende Angaben enthalten sein müssen: Datum der Prüfung, Unterschrift der Person, die die Prüf- und Wartungsarbeiten ausgeführt hat, und Seriennummer oder andere Kennzeichnung der Presse, an der Prüf- oder Wartungsarbeiten ausgeführt wurden.

(2) Umbau. Es liegt in der Verantwortung jeder Person, die eine Pressmaschine umbaut, mit dem Umbau auch Anleitungen zu liefern, um neue oder geänderte Richtlinien für Gebrauch und Instandhaltung der umgebauten Pressmaschine aufzustellen.

(3) Schulung des Wartungspersonals. Es liegt in der Verantwortung des Betreibers, die Kompetenz des Personals zur Pflege, Prüfung und Wartung von Pressmaschinen von Anfang an und auf Dauer sicherzustellen.

OSHA 1910.217(f) Betrieb von Pressmaschinen

(2) Anweisungen für Bediener. Der Betreiber hat den Bediener vor Beginn der Arbeit an einem in diesem Abschnitt behandelten Arbeitsgang in sicheren Arbeitsverfahren zu unterweisen. Der Betreiber hat durch angemessene Aufsicht sicherzustellen, dass die richtigen Betriebsverfahren eingehalten werden.

(3) Arbeitsbereich. Der Betreiber hat für Freiraum zwischen Maschinen zu sorgen, damit Bewegungen eines Bedieners nicht die Arbeit eines anderen Bedieners stören. Es ist ausreichend Raum für Reinigungsmaschinen, Materialtransport, Werkstücke und Schrott vorzusehen. Alle umgebenden Fußbodenflächen sind in einwandfreiem Zustand und frei von Hindernissen, Fett, Öl und Wasser zu halten.

(4) Überlastung. Der Betreiber hat seine Pressen innerhalb der vom Hersteller angegebenen Gewichtsgrenzen für das zu verarbeitende Material und Anbaukomponenten zu halten.

National Fire Protection Association (Brandschutz)

Im Jahr 1896 wurde der US-amerikanische Verband für Brandschutz (National Fire Protection Association, Abk. NFPA) gegründet. Dieser Verband widmet sich der Aufgabe, die Beeinträchtigung der Lebensqualität durch Brände zu reduzieren, und tritt zu diesem Zweck für wissenschaftlich fundierte Normung, Forschung und Ausbildung im Bereich des Brandschutzes und damit zusammenhängende Sicherheitsmaßnahmen ein. Die NFPA fördert die Ausarbeitung vieler Normen, die helfen, diese Aufgabe zu erfüllen. Zwei sehr wichtige Normen für technische Sicherheit und Sicherheitseinrichtungen sind *National Electric Code* (Nationale Elektrotechnische Vorschrift) und *Electrical Standard for Industrial Machinery* (Elektrotechnische Norm für Industrielle Maschinen). Die National Fire Protection Association ist seit 1911 als Förderer des National Electrical Code. Das ursprüngliche Dokument war 1897 das Ergebnis der vereinten Anstrengungungen verschiedener Interessenvertreter aus Versicherungswesen, Elektrotechnik und Bauwesen. Der National Electrical Code (NEC) wurde seitdem immer wieder aktualisiert; eine Neufassung erscheint etwa alle drei Jahre. NEC-Artikel 670 behandelt einige Einzelheiten industrieller Maschinen und verweist auf die Norm Electrical Standard for Industrial Machinery, NFPA 79.

NFPA 79 gilt für elektrische/elektronische Geräte, Apparate oder Systeme industrieller Maschinen, die mit einer Nennspannung von 600 Volt oder weniger arbeiten. Zweck von NFPA 79 ist das Bereitstellen ausführlicher Informationen für die Verwendung elektrischer/elektronischer Geräte, Apparate oder Systeme, die als Teil industrieller Maschinen geliefert werden. Diese Informationen sollen dazu beitragen, Leben und Sachwerte zu schützen. Die Norm NFPA 79 ist seit 1962 offiziell in Kraft, inhaltlich ähnelt sie sehr der Norm IEC 60204-1 der Internationalen Elektrotechnischen Kommission.

Von Maschinen, die keinen bestimmten OSHA-Normen unterliegen, wird gefordert, dass die frei von erkannten Gefahren sind, die tödliche oder schwere Verletzungen verursachen können. Diese Maschinen müssen so ausgelegt und gewartet werden, dass die die Anforderungen der anwendbaren Industrienormen erfüllen. NFPA 79 ist eine Norm für Maschinen, auf die keine OSHA-Norm anwendbar ist.

US-Normen

Das Amerikanische Institut für Normung (American National Standards Institute, Abk. ANSI) verwaltet und koordiniert das Normungswesen für den privaten Sektor in den USA. Es handelt sich um eine gemeinnützige Vereinigung, die durch diverse private und öffentliche Organisationen unterstützt wird.
ANSI selbst entwickelt keine Normen, sondern fördert die Entwicklung von Normen durch Herstellen von Übereinstimmung zwischen betroffenen Gruppen. ANSI gewährleistet auch, dass Leitprinzipien wie Konsensfähigkeit, Zweckmäßigkeit und Offenheit von den betroffenen Gruppen befolgt werden. Es folgt eine (nicht vollständige) Liste industrieller Sicherheitsnormen, die über ANSI bezogen werden können.

ANSI B11.1 *Machine Tools – Mechanical Power Presses – Safety Requirements for Construction, Care, und Use*

ANSI B11.2 *Machine Tools – Hydraulic Power Presses, Safety Requirements for Construction, Care, und Use*

ANSI B11.3 *Power Press Brakes, Safety Requirements for the Construction, Care, und Use of*

ANSI B11.4 *Machine Tools – Shears – Safety Requirements for Construction, Care, und Use*

ANSI B11.5 *Machine Tools – Iron Workers – Safety Requirements for Construction, Care, und Use*

ANSI B11.6 *Lathes, Safety Requirements for the Construction, Care, und Use of*

ANSI B11.7 *Machine Tools – Cold Headers und Cold Formers, Safety Requirements for Construction, Care, und Use*

ANSI B11.8 *Drilling, Milling, und Boring Machines, Safety Requirements for the Construction, Care, und Use of*

ANSI B11.9 *Grinding Machines, Safety Requirements for the Construction, Care, und Use of*

ANSI B11.10 *Metal Sawing Machines, Safety Requirements for Construction, Care, und Use of*

ANSI B11.11 *Gear Cutting Machines, Safety Requirements for the Construction, Care, und Use of*

ANSI B11.12 *Machine Tools – Roll-Forming und Roll-Bending Machines – Safety Requirements for the Construction, Care, und Use*

ANSI B11.13 *Machine Tools – Single- und Multiple-Spindle Automatic Bar und Chucking Machines – Safety Requirements for Construction, Care und Use*

ANSI B11.14 *Machine Tools – Coil-Slitting Machines Safety Requirements for Construction, Care, und Use*

ANSI B11.15 *Pipe, Tube, und Shape Bending Machines, Safety Requirements for Construction, Care, und Use*

ANSI B11.16 *Metal Powder Compacting Presses, Safety Requirements for Construction, Care, und Use*

ANSI B11.17 *Machine Tools – Horizontal Hydraulic Extrusion Presses – Safety Requirements for Construction, Care, und Use*

ANSI B11.18 *Machine Tools – Machines und Machinery Systems for Prozessing Strip, Sheet, or Plate from Coiled Konfiguration – Safety Requirements for Construction, Care, und Use*

ANSI B11.19 *Machine Tools – Safeguarding wenn Referenced by Other B11 Machine Tool Safety Standards-Performance Criteria for the Design, Construction, Care und Operation*

ANSI B11.20 *Machine Tools – Manufacturing Systems/Cells – Safety Requirements for Construction, Care, und Use*

ANSI B11.21 *Machine Tools – Machine Tools Using Lasers for Prozessing Werkstoffe – Safety Requirements for Design, Construction, Care, und Use*

ANSI B151.1 *Horizontal Injection Moulding Machines – Safety Requirements for Manufacture, Care und Use*

ANSI B151.15 *Extrusion Blow Moulding Machines – Safety Requirements*

ANSI B151.21 *Injection Blow Moulding Machines – Safety Requirements*

ANSI B151.26 *Plastics Machinery – Dynamic Reaction – Injection Moulding Machines – Safety Requirements for the Manufacture, Care und Use*

ANSI B151.27 *Plastics Machinery – Robots used with Horizontal Injection Moulding Machines – Safety Requirements for the Integration, Care und Use*

ANSI B151.28 *Plastics Machinery – Machines to Cut, Slit, of Buff Plastic Foams – Safety Requirements for the Manufacture, Care und Use*

ANSI B155.1 *Packaging Machinery und Packaging-Related Converting Machinery – Safety Requirements for Construction, Care und Use*

ANSI B65.1 *Safety Standard-Printing Press Systems*

ANSI/NFPA 70 *National Electrical Code*

ANSI/NFPA 70E *Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces*

ANSI/NFPA 79 *Electrical Standard for Industrial Machinery*

ANSI/RIA 15.06 *Safety Requirements for Industrial Robots und Robot Systems*

Organisationen

Organisationen, die Kopien der Normen und Richtlinien abgeben:

ANSI — American National Standards Institute
11 West 42nd Street, New York, NY 10036
Telefon: 212/642-4900
Telefax (Bestellungen): 212/302-1286
Telefax (allgemein): 212/398-0023
Internet: www.ansi.org

International Electromechanical Commission (IEC)
3, Rue de Varembe, P.O. Box 131 CH 1211 Genf 20 Schweiz
Telefon: 011-41-22-919-0211
TeleTelefax: 011-41-22-919-0300
Internet: www.iec.ch/

International Organization for Standardization (ISO)
1, Rue de Varembe, CH 1211 Genf 20 Schweiz
Telefon: 011-41-22-749-0111
Telefax: 011-41-22-733-3430
Internet: www.iso.ch/

British Standards Institution
389 Chiswick High Road, London W4 4AL England
Telefon: 011-44-181-996-9000
Telefax: 011-44-181-996-7400
Internet: www.bsi.org.uk/

Global Engineering Documents
7730 Carondelet Ave., Suite 407, St. Louis, MO 63105, USA
Telefon: 800/854-7179
Telefax: 314/726-6418
Internet: http://global.ihs.com

CEN – European Committee for Standardization Central Secretariat
Rue de Stassart 36, B-1050, Brüssel, Belgien
Telefon: 011-32-2-550-0819
Telefax: 011-32-2-550-0811
Internet: http://tobbi.iti.is/cen/welcome.html

CENELEC – European Committee for Electrotechnical
Standardization Central Secretariat
Rue de Stassart 35, B-1050, Brüssel, Belgien
Telefon: 011-32-2-51-96-919
Telefax: 011-32-3-51-96-871

OSHA--Occupational Safety & Health Administration
U.S. Department of Labor
200 Constitution Avenue, NW
Washington, DC 20210
Telefon: 202/693-1999
Internet: http://www.osha.gov

Australische Sicherheitsvorschriften

Standards Association of Australia
1 The Crescent
Homebush, NSW 2104
Telefon: 202/693-1999
Internet: http://www.standards.com.au

AS 4024.1-1996 *Schutz von Maschinen. Teil 1: Allgemeine Grundsätze*

Diese Norm benennt die mit Industriemaschinen verbundenen Gefahren und Risiken und beschreibt Verfahren zur Risikominderung. Sie beschreibt und veranschaulicht auch die Sicherheitsgrundsätze und Schutzmaßnahmen, die über den Lebenszyklus der Maschinen anzuwenden sind.

AS4024.2-1998 *Safeguarding of machinery. Part 2: Installation und commissioning requirements for electro-sensitive systems—Optoelectronic devices*

Grundlage dieser Norm sind die Normen IEC61496-1 und -2. Teil 2 behandelt die Installation und Inbetriebnahme von Lichtvorhängen speziell im Zusammenhang mit der Sicherheit von Maschinen.

AS 4024.3-1998 *Safeguarding of machinery. Part 3: Manufacturing und testing requirements for electro-sensitive systems—Optoelectronic devices*

Grundlage dieser Norm sind die Normen IEC61496-1 und -2. Teil 3 behandelt die Herstellung und Prüfung von Lichtvorhängen speziell im Zusammenhang mit der Sicherheit von Maschinen.

AS4024.4-1998 *Safeguarding of machinery. Part 4: Installation und commissioning requirements for electro-sensitive systems—Pressure-sensitive devices*

Grundlage dieser Norm sind die Normen EN1760-1 und EN1760-2. Teil 4 behandelt die Installation und Inbetriebnahme von Schaltmatten, Schaltplatten, Schaltleisten und Schaltstangen, die mit Maschinen zur Anwendung kommen, unabhängig von der eingesetzten Energie.

AS 4024.5-1998 *Safeguarding of machinery. Part 5: Manufacturing und testing requirements for electro-sensitive systems—Pressure-sensitive devices*

Grundlage dieser Norm sind die Normen EN1760-1 und EN1760-2. Teil 5 behandelt die Herstellung und Prüfung von Schaltmatten, Schaltplatten, Schaltleisten und Schaltstangen, die mit Maschinen zur Anwendung kommen, unabhängig von der eingesetzten Energie.

Hinweise